



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

AREA BIOLÓGICA

TÍTULO DE INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL

“Propuesta de un plan de mitigación ambiental del río Tajamar en el tramo desde el barrio 5 de junio hasta el barrio centenario de la ciudad de Tulcán, provincia del Carchi”

TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTORA: Narváez Nazate, Johana Gabriela

DIRECTOR: Aguilar Ramírez, Silvio David, Mgr.

CENTRO UNIVERSITARIO QUITO

2015

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Magister.

Silvio David Aguilar Ramírez.

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: **“Propuesta de un plan de mitigación ambiental del río Tajamar en el tramo desde el barrio 5 de junio hasta el barrio centenario de la ciudad de Tulcán, provincia del Carchi”**, realizado por la Srta. Johana Gabriela Narváz Nazate, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, noviembre de 2015

f).....

Mgtr. Silvio David Aguilar Ramírez

Director del Trabajo de titulación

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo Johana Gabriela Narváez Nazate declaro ser autor(a) del presente trabajo de titulación: "Propuesta de un plan de mitigación ambiental del río Tajamar en el tramo desde el barrio 5 de junio hasta el barrio centenario de la ciudad de Tulcán, provincia del Carchi", de la Titulación de Gestión Ambiental, siendo Mgtr. Silvio David Aguilar Ramírez director (a) del presente trabajo; eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posible reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: "Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad".

f).....

Narváez Nazate Johana Gabriela

040157995-8

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgencita del Cisne, por ser mi gran inspiración y ayudarme a cumplir uno de mis mejores sueños.

A mis queridos y amados padres Ligia y Daniel, quienes han estado siempre presentes a lo largo de mi vida, 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 estudiantil.

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

A mi familia le dedico mi esfuerzo, mi sacrificio y mis largas horas de estudio que son hoy la recompensa del camino al éxito y la satisfacción de llegar a ser alguien en la vida.

A mis seres queridos que me acompañan a lo largo de mi camino brindando su apoyo incondicional y a quienes ya no se encuentran presentes, siempre estarán en mi corazón eternamente.

A todos ustedes mi mayor agradecimiento.

Johana

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por haberme dado la vida, inteligencia y fortaleza sobre todo por brindarme la fuerza y sabiduría necesaria para culminar mis estudios como una etapa más de mi vida.

A la Universidad Técnica Particular de Loja y a los docentes de la Titulación de Gestión Ambiental, doy gracias por haberme brindado la oportunidad de realizarme como profesional.

Al Mgtr. Silvio Aguilar Ramírez, quien siempre está dispuesto a brindarme su ayuda incondicional y resolver cualquier inquietud.

Al Ing. Northon Burbano, quien se convirtió no solamente en mi tutor sino en un amigo, gracias por ayudarme y transmitirme sus conocimientos para la culminación de este proyecto investigativo.

De una forma especial a la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tulcán (EPMAPA-T), por todo su apoyo brindado en esta 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

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	ii
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
OBJETIVOS.....	4
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO	5
1.1. El agua	6
1.2. Contaminación del agua	6
1.2.1. Origen de la contaminación	7
1.2.2. Focos de contaminación	7
1.2.3. Tipos de contaminación	8
1.2.4. Problemática de los recursos hídricos.....	8
1.3. Efectos de la contaminación del agua	10
1.3.1. Efecto del clima	10
1.3.2. Efecto de las características de la cuenca	10
1.3.3. Efecto de la geología	10
1.3.4. Efectos provocados por sólidos en suspensión	11
1.3.6. Efectos provocados por los compuestos orgánicos sintéticos	11
1.3.7. Efectos provocados por los organismos patógenos	11
1.4. Evaluación de impacto ambiental.....	12
1.5. Calidad del agua	13
1.6. Índice de Calidad de Agua	16
1.6.1 Cálculo del ICA	17
1.6.2. Evaluación del ICA.....	18
1.7. Contaminantes del río Tajamar	19
1.7.1. Descargas de aguas residuales	19
1.7.2. Residuos sólidos	20
1.7.3. Deforestación	22
1.7.4. Crecimiento poblacional.....	23
1.7.5. Falta de educación ambiental.....	24

1.8. Plan de mitigación	26
CAPITULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	28
2.1. Descripción del área de estudio	29
2.1.1. Localización	29
2.1.2. Medio físico	30
2.1.3. Medio Biótico.....	32
2.1.4. Medio Socio-Económico y Cultural.....	34
2.2. Metodología	35
2.2.1. Trabajo de campo	36
2.2.2. Trabajo de laboratorio.....	40
2.2.3. Trabajo de gabinete	43
2.3. Materiales y equipos.....	48
CAPITULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
3.1. Población beneficiada.....	50
3.2. Evaluación de impactos ambientales	51
3.3. Comparación de resultados con el TULAS	56
3.4. Cálculo del Índice de Calidad de Agua	59
3.5. Aforo del río Tajamar y de la descarga 5 de junio.....	68
3.6. Plan de mitigación ambiental en un tramo de 170 m del río Tajamar.....	71
3.6.1. Objetivos	71
3.6.2. Alcance.....	72
3.6.3. Responsables de la ejecución del plan	72
3.6.4. Estructura del plan de mitigación ambiental.....	72
3.6.5. Cronograma del plan	80
CONCLUSIONES.....	84
RECOMENDACIONES	85
BIBLIOGRAFÍA.....	86
ANEXOS.....	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterios de calidad admisibles para preservación de la vida acuática en aguas dulces, marinas y de estuarios.....	14
Tabla 2. Criterios de calidad admisible del amoníaco total para la protección de la vida acuática (mg/LNH ₄)	15
Tabla 3. Criterios de calidad admisible de la BDO ₅ para la protección de la vida acuática ...	16
Tabla 4. Coeficientes de ponderación para el cálculo del ICA.....	18
Tabla 5. Clasificación del ICA de acuerdo al criterio general.....	18
Tabla 6. Rangos del ICA	19
Tabla 7. Tiempo de descomposición de residuos	21
Tabla 8. Especies de flora.....	32
Tabla 9. Especies de fauna.....	33
Tabla 10. Coordenadas de los sectores a intervenir	36
Tabla 11. Coordenadas de las descargas de aguas residuales	36
Tabla 12. Factores ambientales evaluados	37
Tabla 13. Información de la muestra 5 de junio.....	38
Tabla 14. Información de la muestra centenario	38
Tabla 15. Información de la muestra descarga 5 de junio	38
Tabla 16. Resultados del análisis de laboratorio 5 de junio	40
Tabla 17. Resultados del análisis de laboratorio centenario.....	41
Tabla 18. Resultados del análisis de laboratorio descarga 5 de junio	42
Tabla 19. Criterios para evaluar la extensión del impacto	43
Tabla 20. Criterios para evaluar la probabilidad del impacto	43
Tabla 21. Criterios para evaluar la magnitud del impacto	44
Tabla 22. Criterios para evaluar la duración del impacto	44
Tabla 23. Clasificación de impactos.....	44
Tabla 24. Dependencia de concentración de OD respecto a la temperatura del agua.....	45
Tabla 25. Rango de clasificación del ICA	46
Tabla 26. Escala de clasificación del ICA	47
Tabla 27. Habitantes beneficiados.....	50
Tabla 28. Identificación de impactos.....	51
Tabla 29. Naturaleza del impacto	52
Tabla 30. Extensión del impacto	52
Tabla 31. Posibilidad de ocurrencia del impacto	53
Tabla 32. Magnitud del impacto	53
Tabla 33. Duración del impacto	54

Tabla 34. Calificación de impactos ambientales.....	54
Tabla 35. Muestreo del río Tajamar en el barrio 5 de junio.....	56
Tabla 36. Muestreo del río Tajamar en el barrio centenario	57
Tabla 37. Muestreo de la descarga 5 de junio.....	58
Tabla 38. Porcentaje de saturación OD 5 de junio	60
Tabla 39. Tabulación de resultados a través del ICA 5 de junio	63
Tabla 40. Porcentaje de saturación OD 5 centenario.....	64
Tabla 41. Tabulación de resultados a través del ICA centenario.....	67
Tabla 42. Cuadro de valores aforo 5 de junio.....	68
Tabla 43. Caudal total del río barrio 5 de junio.....	69
Tabla 44. Cuadro de valores aforo centenario	69
Tabla 45. Caudal total del río barrio centenario.....	69
Tabla 46. Cuadro de valores descarga 5 de junio.....	70
Tabla 47. Programa de prevención y mitigación de impactos.....	73
Tabla 48. Programa de manejo de desechos.....	75
Tabla 49. Programa de comunicación, capacitación y educación ambiental	76
Tabla 50. Programa de restauración.....	78
Tabla 51. Programa de monitoreo y seguimiento.....	79
Tabla 52. Cronograma del plan de mitigación ambiental	80

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Esquema del afluente río Tajamar 5 de junio	39
Gráfico 2. Esquema del afluente río Tajamar centenario	39
Gráfico 3. Población beneficiada	50
Gráfico 4. Afección en los factores ambientales.....	51
Gráfico 5. Categorización de impactos	55
Gráfico 6. Caudal total del río Tajamar	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio	30
Figura 2. Software utilizado para el cálculo del ICA	46
Figura 3. Oxígeno disuelto 5 de junio	59
Figura 4. Coliformes fecales 5 de junio.....	60

Figura 5. Potencial de hidrógeno 5 de junio	60
Figura 6. Demanda bioquímica oxígeno 5 de junio	61
Figura 7. Temperatura 5 de junio	61
Figura 8. Fosfatos totales 5 de junio	61
Figura 9. Nitratos 5 de junio	62
Figura 10. Turbiedad 5 de junio	62
Figura 11. Sólidos totales 5 de junio	62
Figura 12. Oxígeno disuelto centenario	64
Figura 13. Coliformes fecales centenario	64
Figura 14. Potencial de hidrógeno centenario	65
Figura 15. Demanda bioquímica oxígeno centenario	65
Figura 16. Temperatura centenario.....	65
Figura 17. Fosfatos totales centenario.....	66
Figura 18. Nitratos centenario	66
Figura 19. Turbiedad centenario	66
Figura 20. Sólidos totales centenario.....	67

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en 170 m del río Tajamar en el tramo desde el barrio 5 de junio hasta el barrio centenario de la ciudad de Tulcán. Actualmente, en este sector, el río se encuentra sufriendo un creciente deterioro de su ecosistema debido a la consecuente pérdida de biodiversidad provocada por los asentamientos poblacionales a lo largo de las riveras.

Mediante inspecciones realizadas en el sector de estudio se observaron afecciones al estado escénico causadas por la tala de árboles, descargas directas de aguas residuales y aglomeración de residuos sólidos, los mismos que contribuyen a la degradación de la calidad del agua.

La ejecución y operación del plan de mitigación ambiental contribuye a recuperar la calidad de agua del río y mejorar las condiciones de vida de los habitantes locales, a través de la implementación de medidas preventivas, correctivas y compensatorias; como: reforestación, manejo adecuado de descargas de aguas residuales, residuos sólidos y educación ambiental en las comunidades.

Palabras Claves: plan, mitigación, residuos sólidos, aguas residuales, calidad de agua, medidas de prevención, protección.

ABSTRACT

The present study was conducted in 170 m of Tajamar river in the section from the neighborhood until June 5th centenary city neighborhood of Tulcan. Currently, in this area, the river is suffering a growing deterioration of the ecosystem due to the loss of biodiversity caused by the settlements along the banks.

Through inspections in the field of study to scenic state conditions caused by deforestation, direct discharges of wastewater and solid waste agglomeration were observed, they contribute to the degradation of water quality.

The implementation and operation of environmental mitigation plan helps to restore river water quality and improve the living conditions of local people, through the implementation of preventive, corrective and compensatory measures; such as reforestation, proper management of wastewater discharges, solid waste and environmental education in the communities.

Keywords: plan, mitigation, solid waste, wastewater, water quality, prevention, protection.

INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los compuestos más importantes para la vida del planeta. Casi las tres cuartas partes de nuestra superficie terrestre están cubiertas de agua. Este elemento adopta formas muy distintas sobre la tierra, como: mares, océanos, ríos, lagos, lagunas, pantanos, arroyos, entre otros.

Los ríos son aguas continentales que se escurren a través de su cauce por la superficie dejando en su curso sedimentos de lodo, arena y grava; nacen en las montañas, lagos o en sitios donde se concentran las lluvias y desembocan en otro río o en el mar. Además son capaces de regenerarse por sí mismos debido a los volúmenes de agua que transportan y al movimiento de las mismas, neutralizando así los efectos que reciben de las grandes cantidades de aguas residuales industriales, domésticas, agrícolas, etc.

Sin embargo, los ríos han sido utilizados como sumideros para los desechos urbanos y el desemboque de las descargas de agua contaminada, superando así su capacidad de auto-regeneración y deteriorándolo, lo cual conlleva a la pérdida de la calidad de agua, desaparición de insectos y peces, y la interrupción de las cadenas alimenticias. (Muñoz, 2011).

Por lo tanto, la contaminación ambiental es un problema inherente de las actividades del ser humano, sin embargo en años recientes se le ha debido prestar cada vez mayor atención ya que han aumentado la frecuencia y la gravedad de los incidentes de contaminación en todo el mundo y cada día hay más pruebas de sus efectos adversos sobre el ambiente y la salud.

Para solucionar esta problemática es necesario realizar una estrategia de control de la contaminación que esté orientada a cumplir con los objetivos de calidad ambiental o límites de emisión específicos para un medio (aire, agua, tierra) propuestos por las autoridades ambientales del país.

Una herramienta importante que proporciona información necesaria para la toma de decisiones es la Evaluación de Impactos Ambientales. Su objetivo fundamental es definir y proponer la adopción de un conjunto de medidas de mitigación que permitan atenuar, compensar o suprimir los impactos ambientales y facilite la toma de decisiones para prevenir y minimizar los efectos ambientales. (Garmendia, 2005).

Por lo tanto, la presente investigación tiene como fin elaborar un plan de mitigación ambiental para el río Tajamar en el tramo anteriormente descrito, que implemente medidas preventivas,

correctivas y compensatorias para reducir los impactos generados y contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades y al cuidado del medio ambiente.

OBJETIVOS

Objetivo General

1. Diseñar el plan de mitigación ambiental para el río Tajamar en el tramo desde el barrio 5 de junio hasta el barrio centenario de la ciudad de Tulcán, provincia del Carchi.

Objetivos Específicos

1. Recopilar información secundaria del manejo de los residuos sólidos que se generan en el tramo de estudio.
2. Determinar puntos de descarga de aguas residuales y puntos de monitoreo.
3. Evaluar el estado actual del río Tajamar en el tramo de estudio mediante análisis físico-químico y microbiológico del agua.
4. Establecer una propuesta del plan de mitigación ambiental mediante propuestas de sub planes de manejo de residuos sólidos, educación ambiental, planes de reforestación.

CAPÍTULO I.
MARCO TEÓRICO

1.1. El agua

El agua es el más importante de todos los compuestos y uno de los principales constituyentes del mundo en que vivimos. Se estima que el volumen total de agua en el mundo es de $1.386 \times 10^9 \text{ km}^3$. Los océanos contienen 96.5 % de este volumen total y la atmósfera contiene solo $1.29 \times 10^4 \text{ km}^3$ de agua (sólo 0.001 % de la hidrósfera total).

La cantidad de agua dulce en nuestro planeta es aproximadamente de $3.5 \times 10^7 \text{ km}^3$. En términos de disponibilidad de agua fresca, sólo 2.5 % del presupuesto total de agua del mundo se estima como agua dulce, y de esto casi 70 % está actualmente en forma de glaciares y capas de hielo. El agua dulce en la superficie de la Tierra se encuentra en capas de hielo, campos de hielo, glaciares, icebergs, pantanos, lagunas, lagos, ríos y arroyos; y bajo la superficie en acuíferos y corrientes de agua subterránea. (Mihellicic & Zimmerman, 2010).

Los ríos son un curso de agua que se mantienen en constante movimiento (no estancada) y se conectan con otros cursos mayores como lagos, mares, océanos u otros ríos. En su interior se encuentra una serie de elementos como flora, fauna y suelo que actúan formando un sistema abierto e interdependiente.

El recurso agua, que inevitablemente proviene de los ríos, se ve restringido tanto en cantidad, como en calidad y en permanencia. La deforestación a gran escala, los procesos de degradación de recursos y la consiguiente escasez para las comunidades afectadas, han generado cambios en su forma de vida, que, a su vez, han provocado nuevas necesidades y han hecho surgir nuevos modelos y valores que pueden implicar la pérdida y ruptura de los lazos entre hombre y naturaleza.

Los recursos hídricos son los cuerpos de agua que existen en el planeta, desde los océanos hasta los ríos pasando por los lagos, los arroyos y las lagunas. Estos recursos deben preservarse y utilizarse de forma racional ya que son indispensables para la existencia de la vida. (Cuenca, 2013).

1.2. Contaminación del agua

La contaminación puede definirse como la introducción de una sustancia en el medio ambiente a niveles que llevan a la pérdida del uso benéfico de un recurso poniendo en riesgo la salud de los seres humanos, la vida silvestre o los ecosistemas.

Las aguas de los mares, ríos y lagos se contaminan por la presencia de residuos fecales, efluentes domésticos e industriales, detergentes, plaguicidas, derrames petroleros, basura en general, deforestación, prácticas del uso del suelo, traslado de poblaciones, etc., de tal manera que las aguas se ven afectadas de tal forma que su composición deja de ser natural, afectando tanto a la fauna y flora como a los humanos. (Mihelcic & Zimmerman, 2011).

El problema es que la mayoría de recursos naturales son renovables, pero la sobreexplotación y la contaminación provocada por las diversas actividades humanas hacen que los recursos hídricos estén en riesgo, por lo que su capacidad de regeneración muchas veces no resulta suficiente ante el ritmo de uso.

Los recursos hídricos disponibles se están agotando debido al recurrente maltrato al ambiente, es decir, a la contaminación que sufren algunas aguas del mundo y la superpoblación que está experimentando el planeta tierra, son principales impactos a combatir para que los seres vivos que vivimos en la tierra puedan seguir haciéndolo, porque si la curva ciertamente sigue en el camino en el que está ese 71 % de agua que cubre la tierra ya no será suficiente. (Cuenca, 2013).

1.2.1. Origen de la contaminación

- **Natural:** cuando el contaminante se encuentra en el medio natural, por ejemplo: en la parte donde nace un río se produce erosión del suelo, y el agua arrastra partículas en suspensión que pueden ser contaminantes.
- **Antrópico:** contaminación debida a la acción del hombre, suele concentrarse en zonas concretas presentando altas concentraciones de contaminación, por ejemplo: vertidos industriales y domésticos, contaminación agrícola, etc. (Villa, 2014).

1.2.2. Focos de contaminación

- **Vertidos industriales:** se caracterizan por una contaminación no homogénea y discontinua en el tiempo, el nivel de contaminación depende del tipo de industria.
- **Vertidos domésticos:** incluye residuos orgánicos domésticos, aguas residuales, emisiones a la atmósfera derivada de los automóviles, etc.
- **Agricultura y ganadería:** derivados por el uso inadecuado de pesticidas, fertilizantes y abonos orgánicos.
- **Navegación:** actividades recreativas que involucran el uso de lancha o barco a motor, requiere el uso de hidrocarburos, en especial del petróleo y sus derivados, que pueden producir accidentes ecológicos de gran envergadura. (Villa, 2014).

1.2.3. Tipos de contaminación

- **Química:**

Contaminantes orgánicos: como plaguicidas, pesticidas, disolventes, petróleo y gasolina entre los más contaminantes, suelen ser resistentes a la biodegradación biológica o en procesos de autodepuración, son tóxicos, persisten en el medio y pueden llegar a acumularse en la cadena trófica.

Contaminantes inorgánicos: cabe destacar los metales pesados que son muy estables y se acumulan en el sedimento y a través de la cadena trófica. Así también el nitrógeno y el fósforo que proceden principalmente de la agricultura donde se usan como abono y fertilizantes, que en exceso producen estratificación de masas de agua, que a la vez impide el paso de luz y dificulta la fotosíntesis. (Villa, 2014).

- **Física:**

Contaminación radiactiva: procede de residuos industriales nucleares o de explosiones atómicas, su peligrosidad radica en la capacidad radioactiva del contaminante, se lo considera cancerígeno y provoca alteraciones genéticas a largo plazo, como por ejemplo: accidente nuclear de chernobyl (Ucrania).

Contaminación térmica: se debe al aumento brusco de la temperatura, generalmente por el vertido de agua de circuitos de refrigeración industrial y de las centrales nucleares provocando una disminución del oxígeno disuelto, además de poder desatar el efecto potenciador de los tóxicos de otros contaminantes presentes en el agua como los fenoles.

- **Biológica:**

Debida a microorganismos patógenos por ejemplo: coliformes, escherichia coli, etc., que pueden proceder tanto de vertidos domésticos como de aguas residuales, la contaminación biológica se asocia a la falta de abastecimiento de agua potable con la ausencia de sistemas de tratamiento. (Villa, 2014).

1.2.4. Problemática de los recursos hídricos

La problemática general de los recursos hídricos resulta del:

- Irregular conocimiento del recurso disponible.
- Distribución irregular e inequitativa del agua.

- Tendencia de la demanda y la oferta: alterados patrones de consumo e incremento en el costo de explotación de las nuevas fuentes de agua.
- Vulnerabilidad ante los fenómenos naturales extremos, como sequías e inundaciones.
- Crecimiento urbano que genera problemas de abastecimiento y saneamiento.
- Tratamiento limitado de las aguas residuales.
- Limitada protección ambiental de los ecosistemas y fuentes proveedoras de agua.
- Limitada participación de la comunidad en la planificación y ejecución de proyectos e ínfima consideración de sus necesidades.
- Falta de normas para controlar debidamente la contaminación del agua y de capacidad para hacer cumplir las leyes vigentes.
- Cambiante situación de los marcos jurídicos e institucionales relacionados con la gestión del recurso.
- Limitado avance en el tratamiento de los problemas relativos al aprovechamiento de los recursos hídricos superficiales.

Además, el ubicar industrias y asentamientos humanos a la orilla de las corrientes de agua, para utilizar dicho líquido, y al mismo tiempo, verter los residuos del proceso industrial y de la actividad humana trae como consecuencia la contaminación de las fuentes de agua causando la pérdida de grandes volúmenes de agua.

Los principales problemas asociados al agua son:

- La falta de agua puede destruir cultivos y acabar con la vida de personas, animales y plantas.
- Los desechos de los animales, el uso abusivo de fertilizantes y los vertidos de casas e industrias contaminan los ríos.
- El agua contaminada es una vía de transmisión de muchas enfermedades.
- Los gases enviados a la atmósfera por automóviles e industrias forman sustancias ácidas cuando se mezclan con el agua, provocando lluvias ácidas.

Todos deberíamos tener presente que el agua es una parte importante de la riqueza de un país, por eso debemos aprender a no desperdiciarla. (Muñoz, 2011).

1.3. Efectos de la contaminación del agua

1.3.1. Efecto del clima

El efecto principal que afecta a la calidad del agua es la precipitación. Los climas húmedos o con períodos de precipitación de régimen considerable pueden dar lugar a velocidades de escorrentía elevadas o favorecer condiciones de inundación que pueden causar la suspensión de los sedimentos, incrementando los niveles de turbiedad, color, metales u otro tipo de contaminantes.

En condiciones de sequía prolongada, los niveles bajos de drenaje pueden generar estancamiento, incrementando en consecuencia la posibilidad de actividad microbiológica y crecimiento de algas. Del mismo modo, se incrementa el impacto de descargas de fuentes puntuales por la reducción en el efecto de dilución y en la capacidad asimilativa del cuerpo de agua.

La temperatura también es un factor climático importante que afecta la velocidad de la actividad biológica, la concentración de oxígeno y los coeficientes de transferencia de masa.

1.3.2. Efecto de las características de la cuenca

Las diferentes características naturales de una cuenca de drenaje pueden tener un efecto significativo en la calidad del agua. Por ejemplo, la topografía afecta la velocidad de flujo, las pendientes pronunciadas pueden erosionar la capa superficial de suelo o las márgenes de ríos o arroyos, introduciendo residuos, sedimentos y nutrientes que pueden incrementar el contenido de algas, color y turbidez.

1.3.3. Efecto de la geología

La geología local impacta en forma directamente sobre la calidad de fuentes superficiales y subterráneas. Un agua subterránea que por ejemplo presenta dureza elevada, deriva de una formación geológica subterránea con un contenido de calcio y magnesio considerable. Los suelos juegan un rol importante por su capacidad amortiguadora en la escorrentía de la precipitación ácida. La presencia de radionúclidos en aguas subterráneas, tales como el radón, o la presencia de cenizas generadas en erupciones volcánicas, constituyen ejemplos del efecto significativo que ejerce la geología sobre la calidad del agua. (Chamorro, 2004).

1.3.4. Efectos provocados por sólidos en suspensión

Los sólidos en suspensión absorben la radiación solar, de modo que disminuyen la actividad fotosintética de la vegetación acuática. Al mismo tiempo obstruyen los cauces, embalses y lagos. También intervienen en los procesos de producción industrial y pueden corroer los materiales y encarecer el costo de depuración del agua.

1.3.5. Efectos provocados por las grasas y aceites

El hecho de que sean menos densos que el agua e inmiscibles con ella, hace que se difundan por la superficie, de modo que pequeñas cantidades de grasas y aceites pueden cubrir grandes superficies de agua. Además de producir un impacto estético, reducen la reoxigenación a través de la interfase aire-agua, disminuyendo el oxígeno disuelto y absorbiendo la radiación solar, afectando a la actividad fotosintética y, en consecuencia, la producción interna de oxígeno disuelto. Encarecen los tratamientos de depuración, y algunos aceites, especialmente los minerales, suelen ser tóxicos.

1.3.6. Efectos provocados por los compuestos orgánicos sintéticos

En las últimas décadas se ha producido una intensa proliferación de compuestos orgánicos de síntesis. Entre ellos, los PCB y los pesticidas son los que mayor preocupación ambiental han suscitado. Esto se debe a que son compuestos relativamente estables, difíciles o lentamente degradables, capaces de bioacumularse y de amplificarse a lo largo de las cadenas tróficas de los ecosistemas, y con efectos tóxicos para distintos niveles de organismos, manifestando su toxicidad de forma aguda y, sobre todo, crónica: alteraciones en la conducta, en el desarrollo embrionario, en la viabilidad de los individuos.

1.3.7. Efectos provocados por los organismos patógenos

La contaminación del agua se ha convertido en un problema de salud pública, debido a que al ingerir alimentos con agua sucia puede provocar desde enfermedades del aparato digestivo como diarrea, tifoidea, cólera, hasta meningitis, encefalitis, síndromes respiratorios y hepatitis.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), los efectos que los diferentes tipos de organismos pueden producir sobre el hombre son los siguientes:

- **Virus:** infecciones víricas, inflamaciones cutáneas y oculares.
- **Bacterias:** infecciones gastrointestinales, endémicas o epidémicas, como el cólera, fiebre, tifoidea, salmonelosis, etc.

- **Protozoos y metazoos:** enfermedades parasitarias como la hidatidosis, esquistosomiasis, etc. (Chamorro, 2004).

1.4. Evaluación de impacto ambiental

El ambiente o entorno en el que se desarrollan los seres vivos del planeta, constantemente sufre cambios y alteraciones de diversas causas o fuentes. El hombre con sus actividades industriales y comerciales, está causando la mayoría de estas alteraciones. Es por esto que es necesario emplear métodos para minimizar o evitar estos impactos.

La evaluación de impacto ambiental (EIA) es el procedimiento técnico-administrativo que sirve para identificar, prevenir e interpretar los impactos ambientales que producirá un proyecto en su entorno en caso de ser ejecutado, todo ello con el fin de que la administración competente pueda aceptarlo, rechazarlo o modificarlo.

Es más efectiva cuando los resultados, aunque preliminares, sean divulgados desde el inicio del proceso de preparación. En ese momento, alternativas deseables desde un punto de vista ambiental (sitios, tecnologías, etc.) pueden ser consideradas en forma realista, y los planes de implementación y operación pueden ser diseñados para responder a los problemas ambientales críticos y para alcanzar la máxima efectividad de costos. (Garmendia, 2005).

Actualmente, en muchos países, la EIA es considerada como parte de las tareas de planeación; superando la concepción obsoleta que le asignó un papel posterior o casi último en el procedimiento de gestación de un proyecto, que se cumplía como un simple trámite tendiente a cubrir las exigencias administrativas de la autoridad ambiental, después de que se habían tomado las decisiones clave de la actividad o del proyecto que pretendía llevarse a la práctica.

Por ello, en una concepción moderna, la EIA es una condición previa para definir las características de una actividad o un proyecto y de la cual derivan las opciones que permiten satisfacer la necesidad de garantizar la calidad ambiental de los ecosistemas donde estos se desarrollarán.

Los beneficios de la EIA son los siguientes:

- Aceptación o cancelación anticipada de propuestas no calificadas ambientalmente
- Identificación e incremento de aspectos ambientales favorables
- Identificación e implantación de alternativas ambientales costo-efectivas

- Identificación y participación de las partes interesadas y afectadas
- Diseño de proyectos más eficientes y equitativos
- Integración adecuada de cuestiones económicas, ambientales y sociales
- Generación de proyectos exitosos. (Garmendia, 2005).

1.5. Calidad del agua

Para saber en qué condiciones se encuentra un río se analizan una serie de parámetros de tipo físico, otros de tipo químico y otros biológicos y después comparar estos datos con unos estándares aceptados nacional e internacionalmente que nos indicarán la calidad de esa agua para los distintos usos: para consumo, para la vida de los peces, para baño y actividades recreativas, etc.

La calidad del agua se refiere a las características químicas, físicas, biológicas y radiológicas del agua. Es una medida de la condición del agua en relación con los requisitos de una o más especies bióticas o a cualquier necesidad humana o propósito. Se utiliza con mayor frecuencia por referencia a un conjunto de normas contra las cuales puede evaluarse el cumplimiento. Los estándares más comunes utilizados para evaluar la calidad del agua se relacionan con la salud de los ecosistemas, seguridad de contacto humano y agua potable.

De acuerdo con el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS), Libro VI De la Calidad Ambiental, Anexo 1 Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. A continuación se presenta los criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y estuarios.

La turbiedad de las aguas debe ser considerada de acuerdo a los siguientes límites:

- a) Condición natural (Valor de fondo) más 5%, si la turbiedad natural varía entre 0 y 50 UTN (unidad de turbidez nefelométrica);
- b) Condición natural (Valor de fondo) más 10%, si la turbiedad natural varía entre 50 y 100 UTN, y,
- c) Condición natural (Valor de fondo) más 20%, si la turbiedad natural es mayor que 100 UTN;
- d) Ausencia de sustancias antropogénicas que produzcan cambios en color, olor y sabor del agua en el cuerpo receptor, de modo que no perjudiquen a la vida acuática y silvestre y que tampoco impidan el aprovechamiento óptimo del cuerpo receptor.

Tabla 1. Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios.

Parámetros	Expresados como	Unidad	Criterio de calidad	
			Agua dulce	Agua marina y de estuario
Aluminio ¹	Al	mg/l	0,1	1,5
Amoniaco Total ^{3a}	NH ₃	mg/l	-	0,4
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05
Bario	BA	mg/l	1,0	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1	1,5
Bifenilos Policlorados	Concentración de PCBs totales	hg/l	1,0	1,0
Boro	B	mg/l	0,75	5,0
Cadmio	CD	mg/l	0,001	0,005
Cianuros	CN	mg/l	0,01	0,01
Cloro residual total	Ci ₂	mg/l	0,01	0,01
Clorofenoles ³		mg/l	0,05	0,05
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2
Cobre	Cu	mg/l	0,005	0,005
Cromo total	Cr	mg/l	0,032	0,05
Estaño	Sn	mg/l	-	2,00
Fenoles monohídricos	Expresado como fenoles	mg/l	0,001	0,001
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,05	0,05
Hierro	Fe	mg/l	0,3	0,3
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1
Materia flotante de origen antrópico	Visible	mg/l	Ausencia	Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,1
Oxígeno Disuelto	OD	% de saturación	>80	>60
Piretroides	Concentraciones de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05

Plaguicidas organoclorados totales	Organoclorados totales	mg/l	10,0	10,0
Plaguicidas organofosforados totales	Organofosforados totales	mg/l	10,0	10,0
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,005
Plomo	Pb	mg/l	0,001	0,001
Potencial de Hidrógeno	pH	unidades de pH	6,5 – 9	6,5 – 9
Selenio	Se	mg/l	0,001	0,001
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,2	-
Nitratos	NO ₃	mg/l	13	200
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO ₅	mg/l	-	-
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	max incremento de 10% de la condición natural	no aplica
Zinc	Zn	mg/l	0,03	0,015

Fuente: Acuerdo Ministerial No. 28 del TULAS, 2015

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

- 1 Aluminio: Si el pH es menor a 6,5 el criterio de calidad será 0,005 mg/L.
- 2 Aplicar la Tabla que se basa en el criterio de calidad para agua dulce.
- 3 Si sobrepasa el criterio de calidad se debe analizar el diclorofenol cuyo criterio de calidad es 0,2 ug/L.
- 4 Aplicar la Tabla sobre el criterio de calidad para agua dulce. (mg/LNH₄).

Tabla 2. Criterios de calidad admisible del amoníaco total para la protección de la vida acuática (mg/LNH₄).

Temp (C)	PH							
	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	10
0	231	73	23,1	7,32	2,33	0,749	0,250	0,042
5	153	48,3	15,3	4,84	1,54	0,502	0,172	0,034
10	102	32,4	10,3	3,26	1,04	0,343	0,121	0,029
15	69,7	22	6,98	2,22	0,715	0,239	0,089	0,026
20	48	15,2	4,82	1,54	0,499	0,171	0,067	0,024
25	33,5	10,6	3,37	1,08	0,354	0,125	0,053	0,022

30	23,7	7,5	2,39	0,767	0,256	0,094	0,043	0,021
----	------	-----	------	-------	-------	-------	-------	-------

Fuente: Acuerdo Ministerial No. 28 del TULAS, 2015

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

El amoníaco presenta alta solubilidad en el agua y su difusión es afectada por una amplia variedad de parámetros ambientales como pH, Temperatura y fuerza iónica. En soluciones acuosas existe un equilibrio entre las especies de amoníaco ionizado (NH_4^+) y no ionizado (NH_3). El amoníaco no ionizado se refiere a todas las formas de amoníaco en el agua excepto el ion amonio (NH_4^+). El amoníaco ionizado se refiere al ion amonio. El término "amoníaco total" es usado para describir la suma de concentraciones del Amoníaco (NH_3) y el ion amonio (NH_4^+) y puede expresarse como Nitrógeno Amoniacal Total, debido a que los dos compuestos tienen pesos moleculares ligeramente diferentes.

Tabla 3. Criterios de calidad admisible de la DBO_5 para la protección de la vida acuática.

Objetivos de calidad	DBO_5 (mg/l)	Condición de la vida acuática
I	1	Vida acuática no impactada
II	1 – 2	Vida acuática no impactada
III	2 – 6	Vida acuática con impacto moderado

Fuente: Acuerdo Ministerial No. 28 del TULAS, 2015

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

A lo largo de un río desde su nacimiento hasta la confluencia con otros ríos, se podrán establecer tres niveles de calidad de acuerdo a la concentración de DBO_5 y según los criterios de la tabla 3b.

En el caso de cuerpos de agua en los cuales exista presunción de contaminación, el sujeto de control debe analizar el parámetro Coliformes Fecales para establecer el nivel de afectación y variación de concentración de los Coliformes Fecales en la zona de influencia. (TULAS, 2015).

1.6. Índice de Calidad de Agua

El Índice de Calidad de Agua (ICA) es una forma de agrupación simplificada de algunos parámetros indicadores de un deterioro en calidad del agua, constituye una manera de evaluar y comunicar la calidad de los cuerpos de agua. Sin embargo, para que dicho índice sea práctico debe reducir la enorme cantidad de parámetros a una forma más simple y durante el proceso de simplificación algo de información puede ser descartada.

Por otro lado si el diseño del ICA es adecuado, el valor arrojado puede ser representativo e indicativo del nivel de contaminación y comparable con otros para enmarcar rangos y detectar tendencias.

Este índice puede representarse por un número, intervalo, color, etc. Su ventaja radica, en que la información puede ser más fácilmente interpretada que una lista de resultados y concentraciones. Existen numerosas metodologías para determinar el ICA, que para su cálculo requiere de los análisis fisicoquímicos y los índices biológicos.

Los análisis fisicoquímicos aportan datos muy precisos en relación a una situación dada en el tiempo, es decir, permiten conocer con exactitud valores en el momento de la toma de muestra, pero no proporcionan información anterior a dicha toma.

Los índices biológicos dan información de la muestra a más largo plazo, pero los resultados que se obtienen tienen una resolución más limitada. (Villa, 2014).

1.6.1 Cálculo del ICA

Además, el ICA define el grado de contaminación existente en el agua a la fecha de un muestreo, expresado como un porcentaje de agua pura. Así, agua altamente contaminada tendrá un ICA cercano o igual a 0% y de 100% para el agua en excelentes condiciones.

El cálculo se realiza aplicando la siguiente ecuación:

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^n I_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

dónde: ICA = índice de calidad del agua global

I_i = índice de calidad para el parámetro i

W_i = Coeficiente de ponderación del parámetro i

n = Número total de parámetros

Como se mencionó anteriormente, la ecuación del ICA genera un valor entre 0 y 100, que califica la calidad del agua, a partir del cual y en función del uso del agua, permite estimar el nivel de contaminación de un cuerpo de agua.

Los parámetros que se consideran para determinar el ICA son:

- Temperatura
- Potencial de hidrógeno
- Oxígeno disuelto
- Turbidez
- Coliformes fecales
- Demanda bioquímica de oxígeno
- Fosfatos totales
- Nitratos
- Sólidos totales

Para la obtención del índice se utiliza la fórmula de ICA general (promedios ponderados) y los coeficientes correspondientes para cada parámetro.

Tabla 4. Coeficientes de ponderación para el cálculo del ICA

Parámetro	Wi	Parámetro	Wi
Temperatura	0.10	Demanda bioquímica de oxígeno	0.11
Potencial de hidrógeno	0.11	Fosfatos totales	0.10
Oxígeno disuelto	0.17	Nitratos	0.10
Turbidez	0.08	Sólidos totales	0.07
Coliformes fecales	0.16		

Fuente: Software de Water Research Center, 2015

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

1.6.2. Evaluación del ICA

Como se ha mencionado el ICA indica el grado de contaminación del agua a la fecha del muestreo y esta expresado como un porcentaje del agua pura; así, agua altamente contaminada tendrá un ICA cercano o igual a cero por ciento y para el agua en excelentes condiciones cercanas a 100.

Tabla 5. Clasificación del ICA de acuerdo al criterio general

ICA	CRITERIO GENERAL
85 – 100	No Contaminado
70 – 84	Aceptable
50 – 69	Poco Contaminado
30 – 49	Contaminado
0 – 29	Altamente Contaminado

Fuente: Fernández N., et all., 2005

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

El ICA se calcula a partir de una fórmula matemática establecida y su valor puede estar entre 0 y 100. Según dicho valor se establece la calidad del agua según la tabla siguiente:

Tabla 6. Rangos del ICA

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

Fuente: Software de Water Research Center, 2015

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

1.7. Contaminantes del río Tajamar

1.7.1. Descargas de aguas residuales

Las aguas residuales son transportadas desde su punto de origen hasta las instalaciones depuradoras a través de tuberías, generalmente clasificadas según el tipo de agua residual que circule por ellas. Los sistemas que transportan tanto agua de lluvia como aguas residuales domésticas se llaman combinados. Generalmente funcionan en las zonas viejas de las áreas urbanas.

Los contaminantes habituales en las aguas residuales son: arenas, grasas y aceites, residuos con requerimiento de oxígeno (compuestos orgánicos e inorgánicos), nitrógeno y fósforo (detergentes, fertilizantes y excretas humanas), agentes patógenos y otros contaminantes específicos (metales pesados, fenoles, petróleo, pesticidas, etc.).

Los derrames de aguas negras a menudo ocurren durante las lluvias, cuando el agua de la lluvia se filtra a las tuberías cuarteadas y corroídas, superando la capacidad del sistema y forzando la salida de las aguas negras sin tratar hacia las calles, corrientes de agua y sótanos. Los ríos están diseñados para transportar aguas negras y afluencia del agua de tormentas. Durante las lluvias fuertes, su producción combinada se desvía automáticamente de las plantas de tratamiento y termina en las masas de agua. (Muñoz, 2011).

Las aguas domésticas provienen de núcleos urbanos, contienen sustancias procedentes de la actividad humana (alimentos, deyecciones, basuras, productos de limpieza, jabones, etc.). La contaminación de un agua usada urbana se estima en función de su caudal, de su concentración en materias en suspensión y de su demanda biológica. Se admite que un

habitante de una comunidad concreta, en un país o región determinados, y según las condiciones de abastecimiento de agua, nivel de vida y sistemas de alcantarillado disponible, vierte una cantidad media de contaminación fija, bien determinada, base del equivalente-habitante.

En general, se ha fijado un valor de 60 mg /día de DBO y 70 mg /día de sólidos en suspensión por habitante-equivalente. La dotación de agua se sitúa en torno a los 100-300 l/Hb/día. En las grandes ciudades se incrementa por su uso en jardines y limpieza pública diaria. El caudal de aguas residuales domésticas presenta una variación diaria de tipo sinusoidal. El máximo se presenta al mediodía, los valores medios a las 9 de la mañana y a la 7 de la tarde y el valor mínimo hacia las 6 de la mañana. Físicamente presentan color gris y diversas materias flotantes. Químicamente contienen gran cantidad de materia orgánica. Biológicamente contienen gran cantidad de microorganismos, algunos de los cuales pueden transmitir enfermedades. Una de las características principales de un agua residual urbana es su biodegradabilidad, es decir, la posibilidad de depuración mediante tratamientos biológicos, siempre que pueda darse una alimentación equilibrada de las bacterias en nitrógeno y fósforo. Es conveniente que las aguas residuales lleguen a la estación de tratamiento en un estado suficientemente fresco, ya que un agua nauseabunda es tóxica para el tratamiento, por lo que, si se quisiera conseguir una buena depuración, habría de someterse a una preaeración o a una precoloración antes de la decantación. (Mihellic & Zimmerman, 2010).

1.7.2. Residuos sólidos

La contaminación por desechos sólidos implica daños al suelo, aire y agua por la acumulación de residuos no deseados. Se considera que la basura está conformada por desechos depositados de forma incorrecta y concentra tanto residuos sólidos, como líquidos.

La generación de residuos es una consecuencia inevitable de las actividades humanas, pero desafortunadamente toda basura provoca impactos negativos medioambientales, y en general, puede contaminar cualquier entorno de cualquier ámbito: hogares, oficinas, fábricas, etc. En la actualidad, los seres humanos están plagados de residuos peligrosos.

La cantidad y el tipo de basura depende de cada lugar, pero el consumismo y el número de habitantes están relacionados con la cantidad de basura que se genera, por lo que la contaminación se convierte en un problema mayor; ya que mucha basura no va hacia los cestos, sino es arrojada al aire libre, contaminando el suelo, el agua y consecuentemente, el aire. (Mihellic & Zimmerman, 2010).

La principal causa de contaminación por residuos sólidos es el manejo inadecuado de los desechos. Además, de la poca colaboración por parte de la sociedad, deficiencia de los sistemas de recolección y el patrón de consumo de los ciudadanos que obedece al uso ineficiente de los recursos y la no valorización de los recursos naturales.

En ocasiones, la basura que acaba en el suelo o en el agua puede descomponerse y emitir gases como el metano; esto significa que la basura tiene la capacidad de contaminar los tres entornos básicos de la vida en la Tierra.

La contaminación provocada por desechos sólidos puede afectar la imagen visual y estética de la naturaleza, así como la salud de los seres vivos. La superficie del agua se contamina por los desechos arrojados a ella, ya que las sustancias tóxicas que emanan los residuos alteran negativamente su composición, y dado que es consumida por plantas, animales y humanos, provoca enfermedades graves.

Por otra parte, la basura amontonada atrae insectos y otros animales indeseables, convirtiéndose en un foco de infección que enferma a las personas. (Mihellic & Zimmerman, 2010).

A continuación se describe el tiempo que se demora en descomponer algunos residuos:

Tabla 7. Tiempo de descomposición de residuos

Elemento	Tiempo de descomposición / Contaminación que genera
Lata de conserva	100 años
Lata de aluminio	200 a 500 años
Plásticos	450 años
Vidrios	Indeterminado
Pila botón	Contamina 600 m ³ de agua
Pila alcalina	Contamina 175 m ³ de agua
Fibra sintética	500 años
Tejido de algodón	1 a 5 meses
Papel	2 a 4 semanas
Medias de lana	1 año
Madera pintada	Hasta 13 años
Neumáticos	Indeterminado
Aceites y combustibles	Contaminan e impermeabilizan los suelos

Fuente: SolAcqua, 2015.

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

1.7.3. Deforestación

La deforestación o tala de árboles es un proceso provocado por la acción humana, ésta se debe principalmente a las talas o quemas realizadas por la industria maderera, así como por la obtención de suelo para la agricultura, minería y ganadería.

Talar árboles sin una eficiente reforestación resulta en un serio daño al hábitat, en pérdida de biodiversidad y en aridez. Además causa extinción de especies, cambios en las condiciones climáticas, desertificación y desplazamiento de poblaciones.

La tala de un árbol en un punto del planeta, es equivalente a la ausencia de un eslabón en una gran cadena, de modo tal, que lo que parece insignificante en sí mismo se vuelve primordial y esencial en el “tejido” medio ambiental. (Bustos, 2007).

La consecuencia a corto plazo de la deforestación es probablemente la pérdida de la biodiversidad que desencadena el hecho de que la destrucción de millones de hectáreas de bosques significa la extinción de miles de especies y variedades de plantas y animales.

La deforestación comienza con la extinción de espacios verdes y áreas naturales, continúa con una destrucción del hábitat y una desertificación causantes de una gran contaminación de las cuencas, ríos, arroyos y lagos.

Las cuencas hidrográficas que en el pasado abastecieron de agua potable y para irrigación a las comunidades, ahora están sujetas a extremas fluctuaciones. La pérdida de agua potable pura expone la salud de las comunidades al peligro de diversas enfermedades transmisibles.

Otra de las consecuencias de la deforestación es la colaboración directa con el calentamiento global, es decir, con el aumento de la sequía y de la desertificación, malas cosechas, derretimiento de las capas de hielo polares, inundaciones costeras y sustitución de los principales regímenes de vegetación. (Bustos, 2007).

La desertificación es la consecuencia de extremos en la variación climática y de prácticas no sostenibles de uso de la tierra, incluyendo la tala excesiva de la cubierta forestal. El aumento de las poblaciones somete a la tierra a mayores exigencias para que produzca más, lo que lleva a una intensificación de uso que supera la capacidad de carga de la tierra.

Como consecuencia de la deforestación, las cuencas pierden su capacidad de controlar los caudales de agua y riachuelos y ríos experimentan rápidas fluctuaciones, lo que resulta a menudo en desastrosas inundaciones río abajo.

Cuando se pierde la cubierta del bosque, el agua fluye rápidamente hacia los arroyos, lo que eleva los niveles de los ríos y deja expuestas a aldeas, ciudades y campos agrícolas ante las

inundaciones, especialmente durante la época de lluvias. Durante la época de secas, las corrientes son susceptibles a los largos meses de sequía, lo que interrumpe la navegación de los ríos, causa estragos en los cultivos e interrumpe las operaciones industriales.

Otro gran problema consecuente de la deforestación es la generación de diversas enfermedades respiratorias y el aumento progresivo de las mismas en la población, lo cual es el resultado de la disminución de la producción de oxígeno y del aumento desproporcionado de gases tóxicos. (Bustos, 2007).

1.7.4. Crecimiento poblacional

El crecimiento demográfico es considerado el principal responsable de los daños que está sufriendo la naturaleza, lo cual parece amenazar la supervivencia de la humanidad. Pero, sin negar que el deterioro del medio natural depende del tamaño y la distribución de la población y que el aumento del mismo está en parte determinado por el crecimiento demográfico y de los niveles de urbanización, es cierto que los mayores problemas al respecto se plantean en los países más desarrollados, por lo que la degradación hay que vincularla sobre todo al tipo de sociedad que se ha desarrollado en estos países en los últimos años.

El principal impacto de la población sobre el medio ambiente se relaciona con dos variables fundamentales:

- El consumo de recursos
- La producción de desperdicios y de contaminantes

El consumo de recursos puede estar ligado a factores como la agricultura que causa pérdida de biodiversidad, genera una sobreexplotación de los suelos, de forma que los deteriora, contribuye al calentamiento global (convirtiendo los bosques en tierras de cultivo y emitiendo gases de efecto invernadero) y afecta la disponibilidad del agua.

Además de esto el crecimiento demográfico acelerado y sin ningún tipo de control puede causar 4 tipos de contaminaciones muy importantes como lo son:

- **Contaminación del agua:** por todos los desechos y contaminantes que pueden volverla nociva.
- **Contaminación del aire:** por la emisión de gases y sustancias tóxicas (Aproximadamente el 70% de las emisiones acumuladas de dióxido de carbono (CO₂) en los últimos 50 años se deben al consumo excesivo de energía en los países industrializados.)

- **Contaminación en los suelos:** cerca de 14 millones de hectáreas de bosques naturales se destruyen, cada año, en los países en desarrollo localizados en el trópico. Una destrucción masiva e irreversible, causada principalmente por la ampliación de la frontera agropecuaria para albergar a un creciente número de personas.
- **Contaminación vegetal:** las plantas son un agente natural que ayudan a mejorar la calidad del aire en un lugar determinado. (Bustos, 2007).

1.7.5. Falta de educación ambiental

El problema más grave por el cual padece el medio ambiente es la falta de cultura de respeto y compromiso con la naturaleza, es decir, la falta de un programa de educación ambiental que haga conciencia, organice e induzca a todas las comunidades a un verdadero compromiso con el cuidado del medio ambiente.

La falta de conciencia ambiental no es un problema relacionado directamente con el hombre como ser aislado, sino con su desarrollo dentro de una cultura. La evolución del hombre está determinada por su adaptación al medio.

El problema de la conciencia respecto a nuestro entorno se refiere al conocimiento que tenemos de éste; la educación ambiental debe ser un proceso formativo mediante el cual se busca que el individuo y la colectividad tomen conciencia de las formas de interacción entre la sociedad y la naturaleza para que actúen íntegra y racionalmente con su medio lo cual sólo es posible a través de mecanismos masivos de comunicación.

Lo que hace inadecuada la educación ambiental no es la inexistencia de leyes o programas que promuevan su desarrollo en el ámbito escolar o social. Ante todo se refiere a la dificultad de articular el conocimiento para un diagnóstico interdisciplinario de la realidad y al alejamiento del sistema educativo del análisis y solución de los problemas ambientales, especialmente de las comunidades marginadas y, consecuentemente, el alejamiento del mundo científico de las realidades cotidianas. (Solís, 2011).

El modelo capitalista promueve una conciencia más económica que ambiental, es decir, el modelo económico predominante enfrenta el problema ecológico en dos sentidos: dando valores monetarios a los recursos y usando instrumentos para que la actividad económica no afecte el ambiente.

La existencia de pobreza y de bajos niveles de educación en nuestro país genera un consumo intensivo de recursos naturales y no permite que la población acceda a tecnologías que sirvan

para hacer un uso adecuado del entorno. Tal es caso de ciertos campesinos que se ven obligados a usar plaguicidas y fertilizantes para poder subsistir de sus cosechas, trayendo desequilibrios a la fauna y la flora, destruyendo insectos, intoxicando al ganado, las especies acuáticas e incluso al hombre.

Aunque se desconocen con exactitud las cifras de enfermedades y mortalidad asociadas con las causas ambientales, es bien conocida la situación de contaminación sonora, atmosférica e hídrica que sufren los centros urbanos. El aumento de patologías y muertes por diarrea, enfermedad gastrointestinal, cólera, malaria y dengue hemorrágico, es directamente proporcional a la falta de suministro de agua potable, a las pésimas condiciones de saneamiento ambiental de gran cantidad de municipios y a la inadecuada disposición de basuras y residuos tóxicos.

Las principales causas del deterioro ambiental son las prácticas actuales del uso y manejo de los recursos naturales, entre ellas tenemos:

- La utilización excesiva de pesticidas.
- La agricultura de temporal (no tienen sistema de riego).
- El mantenimiento de animales de uso doméstico
- La introducción de plantas altera el ecosistema.
- La deforestación de la vegetación nativa para el cultivo.
- La tala excesiva, afectando la recarga de agua y los mantos acuíferos.
- La explotación de recursos.
- La generación de basureros clandestinos.
- El entubamiento de ojos de agua.
- La extracción de arena y piedra de río y cantera.

Las consecuencias de la falta de educación ambiental son varias entre ellas tenemos la sobreexplotación de recursos naturales, contaminación al ambiente, todo esto se ve directamente afectado al sistema natural que componen estos medios, como son la flora y fauna, los cuales alteran la economía y biodiversidad.

La falta de conciencia ambiental agudiza la crisis ecológica y su incompatibilidad con la vida. Para llevar a cabo un proceso de educación permanente y continua en este sentido, es necesario incidir en la educación de los individuos de forma general, para lograr los profundos cambios sociales, incorporando valores ambientales en los agentes económicos y actores sociales; así como fortalecer las capacidades investigativas de nuestros propios problemas, buscando posibles soluciones prácticas que aminoren los problemas ambientales con el objetivo de alcanzar el desarrollo sostenible.(Solís, 2011).

1.8. Plan de mitigación

La prevención de la contaminación ambiental representa un enfoque que se orienta a evitar y/o reducir la misma, con el fin de preservar la calidad ambiental o minimizar el impacto sobre los ecosistemas.

Este cambio exige la participación de los diversos actores involucrados en la problemática ambiental fronteriza y debe incluir acciones, proyectos y programas vinculados con la educación y legislación ambiental, uso eficiente de recursos, reuso y reciclamiento de productos y desechos y demás aspectos relativos.

Es conveniente promover la adopción de un enfoque preventivo con el objeto de contribuir a una calidad ambiental y un manejo de los recursos naturales más propicio.

En los programas de prevención se encuentran involucradas diversas estrategias de acción para evitar, reducir y/o eliminar la contaminación desde su generación o fuente. A su vez, la reducción de la contaminación incluye tres vertientes; la reducción del volumen, toxicidad y/o de ambas.

El plan de prevención, mitigación y corrección de los impactos negativos, incluye la descripción detallada de métodos y técnicas a utilizar, así como sus alternativas. Contiene programación detallada para la vigilancia ambiental o monitoreo de las variables, descripción de planes de contingencia, evaluación de riesgo y medidas previstas para el cierre definitivo de la obra, actividad o proyecto.

El plan de prevención y mitigación de impactos corresponde a las acciones tendientes a minimizar los impactos negativos sobre el ambiente. Presenta una serie de medidas que buscan prevenir y/o mitigar los daños que pudieren ser ocasionados de acuerdo a los resultados obtenidos durante el análisis de riesgo ambiental. (Bustos, 2007).

a) *Objetivos*

Son los fines generales que una empresa u organización genera para mejorar su actuación ambiental. Deben ser realistas, alcanzables y coherentes con la legislación ambiental vigente y con las funciones establecidas por la organización.

Cada objetivo debe revisarse y según el caso modificarse, siempre con la aprobación de la alta dirección. Es importante destacar que para que un objetivo pueda ser cumplido deben existir los recursos humanos y financieros necesarios.

b) Responsables

Entre los principales responsables del plan de mitigación ambiental tenemos: Gerencia General, Dirección de Gestión Técnica, Área de Medio Ambiente, Operadores de Alcantarillado y Plantas de Tratamiento.

c) Recursos y Costos

Todos los recursos ya sean económicos o humanos correrán por cuenta de la empresa promotora.

d) Medidas Preventivas

Son un conjunto de acciones de prevención, control, atenuación, restauración y compensación de impactos ambientales negativos que deben acompañar el desarrollo de un proyecto para asegurar el uso sostenible de los recursos naturales y la protección del medio ambiente. Surgen del Estudio de Impacto Ambiental y se incorpora su seguimiento en el Plan de Gestión Ambiental. Las medidas de mitigación pueden ser de implementación previa, simultánea o posterior a la ejecución del proyecto o acción.

e) Medidas Correctivas

Una medida correctiva es aquella que llevamos a cabo para eliminar la causa de un problema y cuyo objetivo es la recuperación, total o parcial, de las condiciones existentes antes de la realización del proyecto mediante actuaciones concretas no contempladas inicialmente en el mismo. Las medidas correctoras dependen del tipo de obra o de la acción que se tenga planificado llevar a cabo.

f) Medidas Compensatorias

Las medidas de compensación garantizarán la conservación efectiva o restauración ecológica de un área ecológicamente equivalente, donde se logre generar una nueva categoría de manejo, estrategia de conservación permanente o se mejoren las condiciones de la biodiversidad en áreas transformadas o sujetas a procesos de transformación. (Garmendia, 2005).

CAPITULO II.
MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Descripción del área de estudio

2.1.1. Localización

La ciudad de Tulcán se encuentra ubicada en los Andes Septentrionales del Ecuador en la frontera con Colombia, a una altura de 2.980 msnm, constituyéndose en la capital de provincia más alta del Ecuador.

Posee una gran variedad de sistemas lacustres, entre los principales tenemos: río Carchi, río Bobo, río Tajamar, quebrada La Palizada, quebrada El Carrizal, quebrada El Chupadero, quebrada Tejes, etc., que bañan la región y se convierten en el reservorio natural de agua para el cantón y la provincia del Carchi.

El río Tajamar atraviesa la ciudad de Tulcán de sur a norte, está localizado en las coordenadas E: 194890 N: 86610, y cuando se une el río Chilamuez con la quebrada s/n, este cauce toma el nombre de Tajamar. Se origina debido a las vertientes de mantos freáticos ubicados en el sector los Cuaces, las Peñas, y Tetes.

Paralelo al río se encuentra el colector que lleva el mismo nombre, al cual llegan las aguas residuales recolectadas del área correspondiente (entre el río Tajamar y la Avenida Veintimilla, Calle Bolívar y Avenida 24 de mayo), y que posteriormente son transportadas a la planta de tratamiento Tajamar para disminuir la carga contaminante.

El barrio 5 de junio está localizado en las coordenadas E: 196395 N: 88097 y el barrio centenario está ubicado en E: 196835 N: 88494. Este tramo se encuentra a una altitud entre 2939 y 2940. (En el Anexo 3 se observan fotografías de los lugares indicados).

Actualmente, en este tramo, el río Tajamar se encuentra sufriendo un creciente deterioro de su ecosistema debido a la consecuente pérdida de biodiversidad y a la calidad de vida de la población local. Entre los principales contaminantes tenemos: deforestación, gran cantidad de residuos sólidos, descargas de agua residuales y falta de educación ambiental de los habitantes locales.

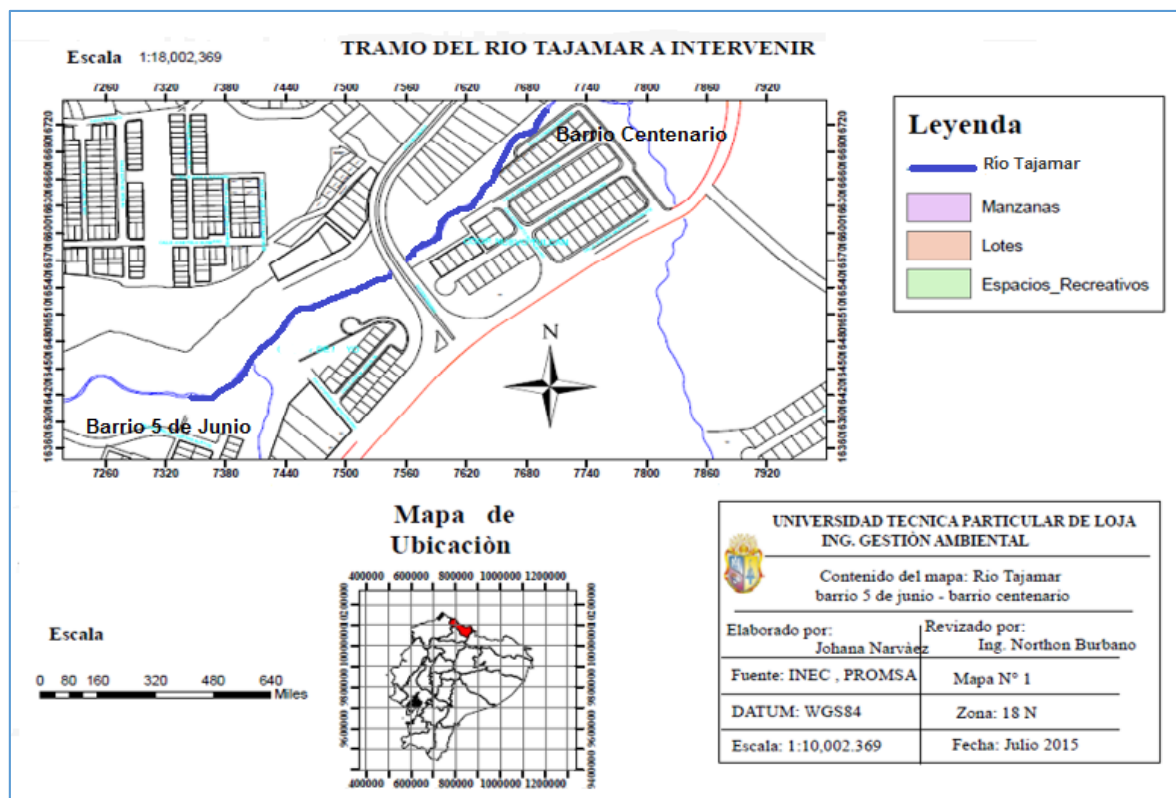


Figura 1. Área de estudio

Fuente: EPMAPA-T, 2015

Elaborado por: EPMAPA-T, 2015

2.1.2. Medio físico

Clima

El clima está caracterizado por la presencia de elevaciones montañosas como el volcán Chiles a 1476 m.s.n.m. Tiene un clima frío andino con temperaturas que van desde los 6 a los 24 °C, y varían por las características del relieve. Según la Estación Meteorológica del Aeropuerto de la ciudad de Tulcán se registran precipitaciones anuales entre 900 mm y los 1.200 mm, con una humedad relativa de 75%.

Los meses más lluviosos son octubre, noviembre, marzo y abril. Los meses con menor precipitación y mayor luminosidad son julio y agosto.

Suelo

Los suelos de la ciudad de Tulcán se han formado debido a procesos volcánicos en especial cenizas volcánicas que se han depositado en su relieve.

Posee suelos de poco declive, suficiente para permitir el desalojo de las aguas de escorrentías y moderadamente permeables

Geología

La ciudad de Tulcán pertenece a la zona geológica de los andes ecuatorianos. La orografía está representada por un relieve irregular de pendiente moderada con alturas oscilan entre los 3658 y 2600 metros, rodeada de granjas agrícolas y parcelas que le dan un mosaico de colores muy característico de la zona andina.

El relieve está condicionado por una actividad volcánica joven, donde se encuentran depósitos eólicos de cenizas volcánicas, formados principalmente por lavas ácidas tipo andesitas y basaltos del volcán Chiles.

La minería en el cantón se generan principalmente en las zonas de Chical, Maldonado y Tobar Donoso, el material que se extrae principalmente es el oro, seguido de los materiales no metálicos.

Agua

Tulcán posee una gran variedad de pequeños sistemas lacustres que dan origen a muchos ríos y riachuelos. En la parte baja de la ciudad se localizan los cursos de agua: del río Tajamar al Oriente y el río Bobo al Occidente, desembocando sus aguas en el río Carchi límite fronterizo natural con la República de Colombia.

La profundidad del nivel freático en general varía de 5m a 20m. Las vertientes se hallan localizadas sobre volcánicos recientes, su caudal varía entre 150 l/s y 0,2 l/s.

Además, la ciudad posee quebradas como la Palizada, el Carrizal, el Chupadero, Tejes, etc., que bañan la región y que se convierten en el reservorio natural de agua para el cantón y provincia, originando además una serie de paisajes pintorescos.

Aire

La calidad del aire en esta ciudad es buena, con brisas ligeras y constantes que renuevan la capa de aire.


2.1.3. Medio Biótico

La ciudad de Tulcán es una zona intervenida por el crecimiento urbanístico y el incremento de la frontera agrícola, por lo que los remanentes de bosque montano fueron desplazados y transformados en zonas de pastos y cultivos o en espacios destinados para vivienda.

Sin embargo, en el sector de estudio se pueden observar de manera esporádica ciertas especies de flora y fauna que aún persisten, entre éstas tenemos:

Tabla 8. Especies de flora



Flora	
	<p>Nombre Común: Chilca</p> <p>Nombre Científico: Nardophyllum lanatum</p> <p>Tipo de planta: arbusto</p> <p>Tamaño: 50 cm</p>
	<p>Nombre Común: Sigse</p> <p>Nombre Científico: Cortaderia nítida</p> <p>Tipo de Planta: gramínea fasciculada</p> <p>Tamaño: varía de 30 a 120 cm.</p>
	<p>Nombre Común: Puya</p> <p>Descripción: Familia de las Bromeliaceae</p>

	<p>Nombre Común: Aliso</p> <p>Nombre Científico: <i>Alnus acuminata</i></p> <p>Tipo de planta: árbol</p> <p>Tamaño: hasta 20 m. de altura</p>
---	---

Fuente: EPMAPA-T, 2015

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

Tabla 9. Especies de fauna

Fauna	
	<p>Nombre Común: Mirlo</p> <p>Nombre Científico: <i>Alnus acuminata</i></p> <p>Descripción: ave paseriforme sudamericana, habita en zonas boscosas y de matorral.</p>
	<p>Nombre Común: Golondrina</p> <p>Nombre Científico: <i>Notiochelidon</i> sp.</p> <p>Descripción: aves paseriformes</p>

Fuente: EPMAPA-T, 2015

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

2.1.4. Medio Socio-Económico y Cultural

Demografía

Según el censo del 2010 realizado por el INEC, la población de la ciudad de Tulcán es de 86,498 habitantes y representa el 52,57% del total de la provincia del Carchi.

La representatividad poblacional es del 50,7% correspondiente al sexo femenino y el 49,3% le corresponde al sexo masculino.

Servicios Básicos

Como nos indica el censo del INEC 2010, en Tulcán el 73% de la población tiene vivienda, de la cual el 66% es propia y 34% es arrendada.

El 64% de la población tiene agua potable y el 70% tiene red de alcantarillado.

El 99% de la procedencia principal del agua recibida en la ciudad se efectúa mediante red pública y el 1% a través de pozo, río, vertiente, acequia o agua lluvia.

La población cuenta con servicios de recolección de basura, el 98% se realiza por medio del carro recolector y 2% lo arrojan a un terreno baldío, quebrada, río o lo queman.

El 99% de la población tiene servicio eléctrico y el 54% tiene servicio telefónico.

Educación

En la ciudad de Tulcán, el sector educativo posee 129 establecimientos educativos con 949 aulas. Existen alrededor de 20.669 estudiantes y 1181 profesores.

El analfabetismo en el cantón es de 6,4% y analfabetismo funcional (sin instrucción educativa formal aprendió a leer y escribir) es de 19,6%; esto quiere decir que el 26% de ciudadanos del cantón no ha asistido a un aula formal. También existe una cultura de asistir hasta la primaria en un 70%, apenas el 16,5% asiste a la secundaria y solo un 13,6% tiene una instrucción profesional. El nivel académico es muy bajo y hay un alto índice de analfabetismo si lo comparamos a nivel nacional el 9% es analfabeto, del resto 66,8% terminaron la primaria, de este porcentaje el 22,6 terminaron la secundaria y apenas el 18.1% llega a la universidad.

Salud

La mortandad infantil en la ciudad no es superior al 6%, el 2% fallecen siendo infantes, el 2,6% en la niñez y el 1,1% son muertes neonatales.

Se refleja el 36,4% de niños con un alto grado de desnutrición crónica antes de poder asistir a algún centro de educación.

La ciudad cuenta con un hospital regional Luis Gabriel Dávila, el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, 12 sub-centros de salud pública y algunas clínicas distribuidas por toda la urbe.

La oferta médica es de 113 Médicos, 1 Obstetra, 55 enfermeras y 66 auxiliares, llegando a concluir que cada médico especialista debe atender a 683 personas.

Características Socio-Antropológicas

Los habitantes del cantón Tulcán se auto determinan mayoritariamente como mestizos en un 87,42%, el 3,27% como blancos y el 5,33% como indígenas.

2.2. Metodología

Para la realización del plan de mitigación ambiental del río Tajamar en un tramo de 170 m se determinó el estado actual del río por medio de visitas de campo a la zona de afección, en la cual se levantó información primaria como número de viviendas a lo largo del río, número de habitantes asentados, existencia de descargas de aguas residuales, forma de manejo de residuos sólidos y el estado de la vegetación a lo largo de las riveras.

Una vez identificados estos aspectos se procede a evaluar la calidad de agua del río considerando dos puntos de muestreo al inicio en el barrio 5 de junio y al final del tramo en el barrio centenario, esto para tener una idea de cuánto aporta en la contaminación del río los habitantes del sector en estudio y poder evaluar por medio del ICA el estado del mismo. Conjuntamente se realizó el muestreo de la descarga de aguas residuales del barrio 5 de junio para conocer su composición y características.

Para conocer si el caudal del río Tajamar aumenta durante el trayecto de estudio se realizaron aforos, el primer aforo se realizó en el barrio 5 de junio y el segundo en el barrio centenario. Además se midió el caudal de la descarga que proviene de los habitantes del barrio 5 de junio

para conocer cuánto caudal de aguas residuales se descarga al río. No se puede medir el caudal de las descargas del barrio centenario ya que todas las viviendas se encuentran a lo largo de las riberas del río y por ende, todas sus aguas residuales se descargan directamente al río.

2.2.1. Trabajo de campo

En octubre 2014, se realizó las visitas de campo en la zona de estudio del río Tajamar, en las cuales se georreferencian las coordenadas UTM de la zona de intervención por medio de GPS tal como se muestran en la tabla 10.

Tabla 10. Coordenadas de los sectores a intervenir

PUNTO	SECTOR DE REFERENCIA	COORDENADAS UTM ZONA 18N		ALTITUD
		ESTE	NORTE	
1	Barrio 5 de Junio	196008	87981	2942
2	Barrio Centenario	196835	88494	2939

Fuente: EPMAPA-T, 2014

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

Además, se georreferencian las coordenadas UTM de las descargas de aguas residuales del sector de estudio por medio de GPS tal como se muestran en la tabla 11.

Tabla 11. Coordenadas de las descargas de aguas residuales

PUNTO	SECTOR DE REFERENCIA	COORDENADAS UTM ZONA 18N		ALTITUD
		ESTE	NORTE	
1	Barrio 5 de Junio	196395	88097	2940
2	Barrio Centenario (Punto 1)	196835	88494	2939
3	Barrio Centenario (Punto 2)	196567	88248	2940

Fuente: EPMAPA-T, 2014

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

El estudio se complementa con una evaluación de impactos ambientales para el cual se consideran los factores que se muestran en la tabla 12.

Tabla 12. Factores ambientales evaluados

Componente Ambiental	Subcomponente Ambiental	Aspecto Ambiental	Impactos
Físico	Suelo	Erosión de suelos	Afectación de la calidad del suelo debido a la mala disposición de desechos sólidos y líquidos.
	Agua	Calidad del agua superficial	Alteración de los parámetros de calidad de agua de cuerpos hídricos debido a los efluentes domésticos que se descargan. Residuos sólidos arrojados en el río. Generación y acumulación de escombros en las orillas del río.
	Paisaje	Afectación paisajística	Crecimiento poblacional Mala disposición de residuos sólidos
Biótico	Flora	Afectación de especies	Deforestación causada por el crecimiento poblacional
	Fauna		Disminución de las especies debido a los asentamientos y actividades humanas.
Socio-económico	Población	Condición de vida	Afectación de la calidad de vida a causa de la mala disposición de desechos sólidos y líquidos.
			Falta de educación ambiental en los habitantes locales.

Fuente: Garmendia, 2005

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

La toma de muestras en el río Tajamar se realizaron al inicio del tramo en el barrio 5 de junio y al final del tramo en el barrio centenario. Se colectan muestras compuestas en los puntos descritos anteriormente.

La primera toma de muestra se realizó en el barrio 5 de junio y se efectuó mediante la recolección de muestras compuestas.

Tabla 13. Información de la muestra

Matriz		Agua				
Código de laboratorio	Código de muestreo	Referencia	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84	Observaciones
A-3156	A11	5 de junio	04/10/2014	15h10	18N0196008 0087981 ±5m	Ninguna observación

Fuente: Laboratorio CORPLAB, 2014

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

La segunda toma de muestra se realizó en el barrio centenario y se efectuó a través de la recolección de muestras compuestas.

Tabla 14. Información de la muestra

Matriz		Agua				
Código de laboratorio	Código de muestreo	Referencia	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84	Observaciones
A-3155	A10	Centenario	04/10/2014	14h50	18N0196742 0088440 ±5m	Ninguna observación

Fuente: Laboratorio CORPLAB, 2014

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

La toma de muestras en la descarga del barrio 5 de junio se realizó mediante la recolección de muestras compuestas.

Tabla 15. Información de la muestra

Matriz		Agua				
Código de laboratorio	Código de muestreo	Referencia	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84	Observaciones
A-3159	A1	Descarga 5 de junio	05/10/2014	8h30	18N0196395 0088097 ±5m	Ninguna observación

Fuente: Laboratorio CORPLAB, 2014

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

El aforo del río Tajamar se realizó en dos puntos, al inicio del tramo en el barrio 5 de junio y al final del tramo en el barrio centenario, para así obtener información del caudal antes y después de las descargas de aguas residuales que existen en este tramo.

Sector: Barrio 5 de junio

Fecha: 8 de octubre de 2015

Hora: 9h45 am

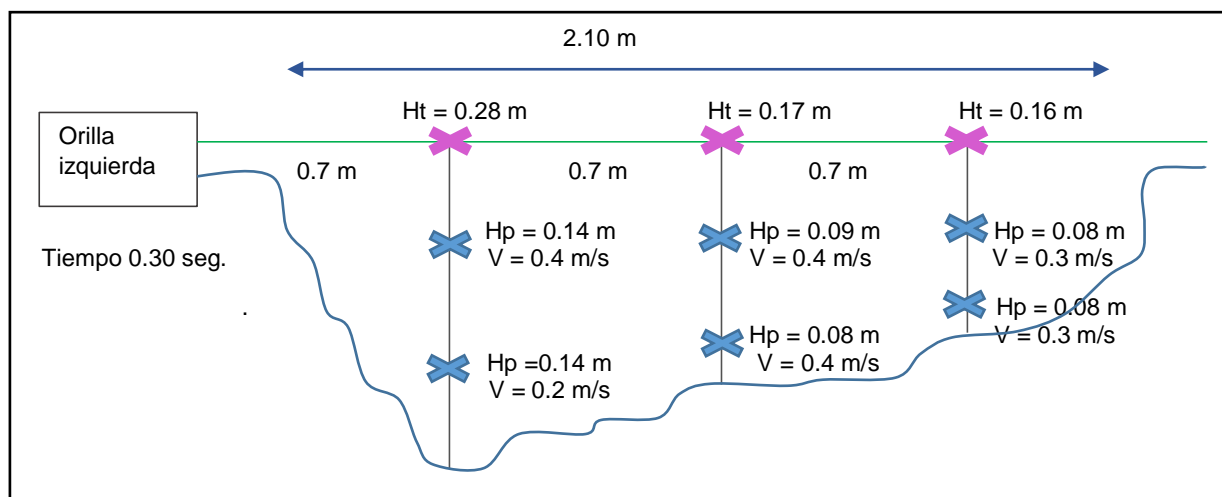


Gráfico 1. Esquema del afluente río Tajamar

(Ht = altura total, Hp = altura parcial, V = velocidad)

Fuente: EPMAPA-T, 2015

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

Sector: Barrio centenario

Fecha: 8 de octubre de 2015

Hora: 10h30 am

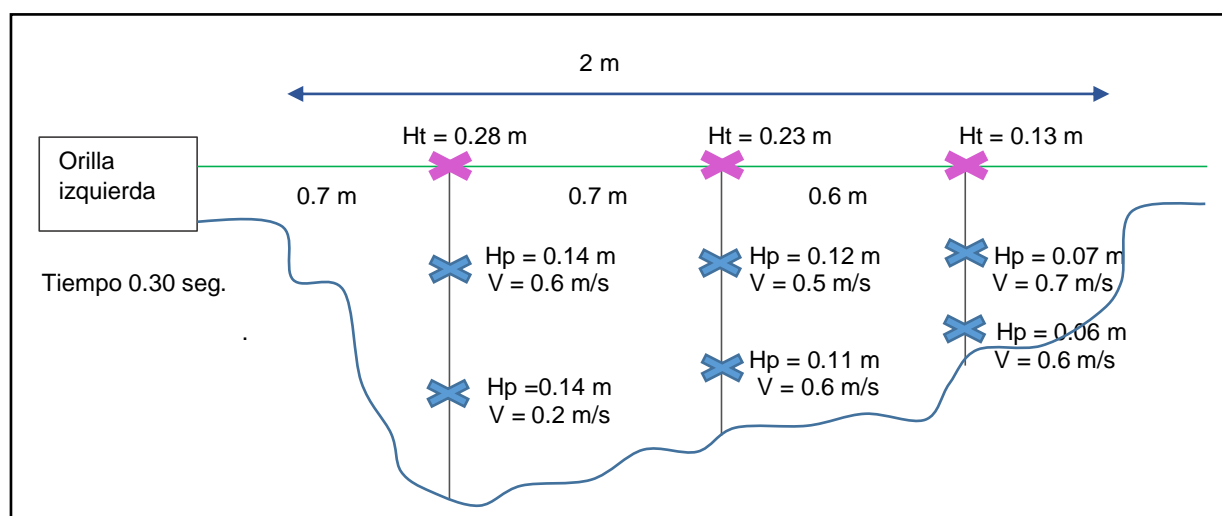


Gráfico 2. Esquema del afluente río Tajamar

(Ht = altura total, Hp = altura parcial, V = velocidad)

Fuente: EPMAPA-T, 2015

Elaborado por: Johana Narváez, 2015

Además se hizo el aforo de la descarga de aguas residuales que proviene del barrio 5 de junio, por lo que se tomó el tiempo en que tarda en llenarse un recipiente de 5 litros y así se realizó 10 tomas de la descarga.

2.2.2. Trabajo de laboratorio

En noviembre 2014, se realizó la toma de muestras en el tramo del barrio 5 de junio y barrio centenario con técnicos del Laboratorio CORPLAB, para analizar y determinar la calidad de agua del río; a continuación se describen los parámetros evaluados:

Sector: Barrio 5 de junio

Tabla 16. Resultados del análisis de laboratorio

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-3156
				A11
Aceites y grasas (*)	Standard Methods Ed. 22; 2012; 5520 C y F	TERCERIZADO (PARÁMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,2
Demanda bioquímica de oxígeno	Standard Methods Ed-22-2012, 5210B	PA - 45.00	mg/l	21,6
Demanda química de oxígeno	Standard Methods Ed. 22, 2012, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	49,2
Oxígeno disuelto	Standard Methods Ed-22-2012, 4500 O - C & G	PA - 34.00	mg/l	2,11
Potencial de hidrogeno	Standard Methods Ed-22-2012, 4500 H- B	PA - 05.00	UpH	6,91
Sólidos totales	Standard Methods Ed-22-2012, 2540B	PA - 14.00	mg/l	196
Turbidez	Standard Methods Ed-22-2012, 2130B	PA - 37.00	NTU	33,2
Fósforo Total	Standard Methods Ed-22-2012, 4500 P - B & C	PA - 49.00	mg/l	<1,00
Temperatura	Standard Methods Ed-22-2012, 2550B	PA - 47.00	°C	20
Nitritos	Standard Methods Ed-22-2012, 4500NO ₂ ⁻ - B	PA - 13.00	mg/l	0,015

Nitratos	HACH 371	PA - 48.00	mg/l	2,65
Coliformes Fecales (*)	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D	TERCERIZADO (PARÁMETRO ACREDITADO)	NMP/100 ml	2,8 x 10 ²

Fuente: Laboratorio CORPLAB, 2014

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

Sector: Barrio centenario

Tabla 17. Resultados del análisis de laboratorio

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-3155
				A10
Aceites y grasas (*)	Standard Methods Ed. 22; 2012; 5520 C y F	TERCERIZADO (PARÁMETRO ACREDITADO)	mg/l	23,4
Demanda bioquímica de oxígeno	Standard Methods Ed-22-2012, 5210B	PA - 45.00	mg/l	35,7
Demanda química de oxígeno	Standard Methods Ed. 22, 2012, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	93,7
Oxígeno disuelto	Standard Methods Ed-22-2012, 4500 O - C & G	PA - 34.00	mg/l	<1,0
Potencial de hidrogeno	Standard Methods Ed-22-2012, 4500 H- B	PA - 05.00	UpH	6,87
Sólidos totales	Standard Methods Ed-22-2012, 2540B	PA - 14.00	mg/l	268
Turbidez	Standard Methods Ed-22-2012, 2130B	PA - 37.00	NTU	33,5
Fósforo Total	Standard Methods Ed-22-2012, 4500 P - B & C	PA - 49.00	mg/l	1,36
Temperatura	Standard Methods Ed-22-2012, 2550B	PA - 47.00	°C	20,6
Nitritos	Standard Methods Ed-22-2012, 4500NO ₂ ⁻ - B	PA - 13.00	mg/l	<0,01
Nitratos	HACH 371	PA - 48.00	mg/l	1,09

Coliformes Fecales (*)	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D	TERCERIZADO (PARÁMETRO ACREDITADO)	NMP/100 ml	1,6 x 10 ³
------------------------	--	--	---------------	-----------------------

Fuente: Laboratorio CORPLAB, 2014

Elaborado por: Johana Narváz, 2015.

Además, se realizó la toma de muestras en la descarga de aguas residuales del barrio 5 de junio con técnicos del Laboratorio CORPLAB, para analizar y determinar las características de la descarga; a continuación se describen los parámetros evaluados:

Sector: Barrio 5 de junio

Tabla 18. Resultados del análisis de laboratorio

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-3156
				A11
Aceites y grasas (*)	Standard Methods Ed. 22; 2012; 5520 C y F	TERCERIZADO (PARÁMETRO ACREDITADO)	mg/l	30,6
Demanda bioquímica de oxígeno	Standard Methods Ed-22-2012, 5210B	PA - 45.00	mg/l	150
Demanda química de oxígeno	Standard Methods Ed. 22, 2012, 5220-D	PA - 01.00	mg/l	310
Potencial de hidrogeno	Standard Methods Ed-22-2012, 4500 H- B	PA - 05.00	UpH	7,80
Sólidos sedimentables	Standard Methods Ed-22-2012, 2540F	PA - 46.00	mg/l	1,00
Sólidos suspendidos totales	Standard Methods Ed-22-2012, 2540D	PA - 16.00	mg/l	68,0
Sólidos totales	Standard Methods Ed-22-2012, 2540B	PA - 14.00	mg/l	390
Coliformes Fecales (*)	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D	TERCERIZADO (PARÁMETRO ACREDITADO)	NMP/100 ml	1,3 x 10 ⁴
Temperatura	Standard Methods Ed-22-2012, 2550B	PA - 47.00	°C	13,3
Nitritos	Standard Methods Ed-22-2012, 4500NO ₂ ⁻ - B	PA - 13.00	mg/l	<0,01

Nitratos	HACH 371	PA - 48.00	mg/l	4,12
Fósforo total	Standard Methods Ed-22-2012, 4500 P - B & C	PA - 49.00	mg/l	4,80

Fuente: Laboratorio CORPLAB, 2014

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

2.2.3. Trabajo de gabinete

Para la evaluación de impactos ambientales en un tramo de 170 m del río Tajamar utilizamos criterios para evaluar la naturaleza del impacto, extensión del impacto, probabilidad de ocurrencia del impacto, magnitud del impacto y duración del impacto, ya que con la valoración de cada uno de estos criterios se establece una clasificación y categorización de los impactos ambientales encontrados en el sector de estudio.

Naturaleza el impacto: puede ser positivo, negativo y neutral (ausencia de impactos), por tanto, cuando se determina que un impacto es adverso o negativo se valora, se valora como “-1” y cuando el impacto es benéfico “+1”.

Extensión del impacto: corresponde a la extensión espacial y geográfica del impacto con relación al área de estudio.

Tabla 19. Criterios para evaluar la extensión del impacto

Criterio	Valor	Clasificación	Impacto
Extensión	1	Puntual	Efecto muy localizado
	2	Parcial	Incidencia apreciable en el medio
	4	Extenso	Afecta una gran parte del medio
	8	Total	Generalizado en todo el entorno

Fuente: Garmendia, 2005

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

Probabilidad de ocurrencia del impacto: determina la posibilidad de que el impacto ocurra, o no sobre el componente considerado.

Tabla 20. Criterios para evaluar la probabilidad de ocurrencia del impacto

Criterio	Valor	Clasificación	Impacto
Posibilidad de ocurrencia	8	Alta	El impacto ocurrirá en un tiempo determinado.
	4	Media	Es probable que el impacto ocurra, pero igualmente puede no ocurrir, las probabilidades para ambos casos son similares.

	1	Baja	Alto nivel de que el impacto no ocurra, sin embargo existe un bajo porcentaje de probabilidad de que el impacto ocurra.
--	---	------	---

Fuente: Garmendia, 2005

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

Magnitud del impacto: indica o representa la cuantía o el grado de incidencia de la acción sobre el factor en el ámbito específico en que actúa.

Tabla 21. Criterios para evaluar la magnitud del impacto

Criterio	Valor	Clasificación	Impacto
Magnitud del efecto	8	Total	Destrucción casi total
	4	Alta	Cuando el evento causa una transformación radical de las características de calidad, estabilidad, de forma que pierde su funcionalidad y utilidad.
	2	Media	Cuando el evento perturbador genera cambios evidentes en el elemento que puede causar pérdida temporal de funcionalidad.
	1	Baja	Afección mínima

Fuente: Garmendia, 2005

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

Duración del impacto: representa el tiempo que supuestamente permanecería el efecto sobre el componente ambiental.

Tabla 22. Criterios para evaluar la duración del impacto

Criterio	Valor	Clasificación	Impacto
Duración	8	Permanente	Efecto permanente, supone una alteración de duración indefinida.
	1	Temporal	Permanece un tiempo determinado.

Fuente: Garmendia, 2005

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

Rango de clasificación: es la categorización de impactos ambientales.

Tabla 23. Clasificación de impactos

Clasificación	Valor	Rango
Altamente significativo	AS	>25
Significativo	S	17 – 24

Moderado	M	9 – 16
Despreciable	D	<9
Impactos positivos	P	-

Fuente: Garmendia, 2005

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

Para la conversión en porcentaje de saturación del oxígeno disuelto de los dos muestreos realizados en el río Tajamar utilizamos la siguiente tabla que muestra la concentración de oxígeno disuelto (mg/l) equivalente a un grado de saturación del 100 por ciento con respecto a la temperatura del agua.

Tabla 24. Dependencia de concentración de oxígeno disuelto respecto a la temperatura del agua.

Temperatura (°C)	OD (mg/l)	Temperatura (°C)	OD (mg/l)	Temperatura (°C)	OD (mg/l)
0	14.16	12	10.43	24	8.25
1	13.77	13	10.20	25	8.11
2	13.40	14	9.98	26	7.99
3	13.05	15	9.76	27	7.86
4	12.70	16	9.56	28	7.75
5	12.37	17	9.37	29	7.64
6	12.06	18	9.18	30	7.53
7	11.76	19	9.01	31	7.42
8	11.47	20	8.84	32	7.32
9	11.19	21	8.68	33	7.22
10	10.92	22	8.53	34	7.13
11	10.67	23	8.38	35	7.04

Fuente: Bain y Stevenson, 1999

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

Para calcular el índice de calidad de agua (ICA) en el sector de estudio utilizamos el software del índice general de la calidad de agua de la Water Research Center, el cual calcula el ICA de los parámetros: oxígeno disuelto, coliformes fecales, potencial de hidrógeno, demanda bioquímica de oxígeno, temperatura, fosfatos totales, nitratos, turbidez y sólidos totales de cada uno de los muestreos realizados en el río Tajamar.

Calculation of Overall Water Quality Index

Factor	Weight	Quality Index
Dissolved oxygen	0.17	<input type="text"/>
Fecal coliform	0.16	<input type="text"/>
pH	0.11	<input type="text"/>
Biochemical oxygen demand	0.11	<input type="text"/>
Temperature change	0.10	<input type="text"/>
Total phosphate	0.10	<input type="text"/>
Nitrates	0.10	<input type="text"/>
Turbidity	0.08	<input type="text"/>
Total solids	0.07	<input type="text"/>

Based on the factors entered,
the water quality index is .

Figura 2. Software utilizado para el cálculo del ICA

Fuente: Software de Water Research Center, 2015

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

Para la interpretación y tabulación de los datos del laboratorio utilizamos el cálculo del índice de calidad de agua (ICA) de los nueve parámetros evaluados y luego sumamos los resultados para establecer una clasificación ligada a una escala que determina el estado de la calidad de agua del cuerpo hídrico en estudio.

Tabla 25. Rango de clasificación del ICA

RANGO	CALIDAD
91 –100	Excelente
71 - 90	Buena
51 – 70	Media
26 - 50	Mala

0 - 25	Muy mala
--------	----------

Fuente: Software de Water Research Center, 2015

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

Tabla 26. Escala de clasificación del Índice de Calidad del Agua

ICA	Criterio General	Abastecimiento Público	Recreación	Pesca y Vida Acuática	Industrial y Agrícola
100	No contaminado	No requiere Purificación	Aceptable para cualquier deporte Acuático	Aceptable para todos los Organismos	No requiere Purificación
90		Ligera Purificación			Ligera Purificación para algunos procesos
80	Aceptable	Mayor Necesidad de Tratamiento			Aceptable excepto especies muy sensibles
70	Poco Contaminado	Dudoso	Aceptable no Recomendable	Dudoso para especies sensibles	Tratamiento en la mayor parte de la industria
60	Contaminado		Sin contacto con el agua	Solo organismos muy resistentes	
50	Contaminado	Dudoso	Dudoso para contacto directo	Solo organismos muy resistentes	Tratamiento en la mayor parte de la industria
40			Señal de contaminación		
30	Altamente Contaminado	No Aceptable	Señal de contaminación	No Aceptable	Uso muy restringido
20			No Aceptable		No Aceptable
10	Altamente Contaminado	No Aceptable	No Aceptable	No Aceptable	No Aceptable

Fuente: Fernandez N., et all. 2005.

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

Además utilizamos la Tabla 3 y Tabla 10 del Anexo 1 Norma de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes: Recurso Agua, Libro VI Calidad Ambiental del Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS) para realizar las respectivas comparaciones de los análisis de muestreos realizados con los límites máximos permisibles que se establecen en dicha norma.

Finalmente, se diseñó el plan de mitigación ambiental en un tramo de 170 m del río Tajamar para reducir el impacto que tiene la sociedad en este cuerpo de agua. El plan está estructurado por cinco programas: prevención y mitigación de impactos, manejo de desechos, capacitación y educación ambiental, restauración o reforestación y seguimiento ambiental.

2.3. Materiales y equipos

En las visitas de campo se utilizó:

- 2 machetes
- 2 cuerdas
- 1 libreta de notas
- 2 esferográficos
- 1 GPS
- 1 cámara digital
-
-

En los muestreos de agua se utilizó:

- 1 hoja de campo para cada muestra
- 3 etiquetas adheribles para cada muestra
- 1 recipiente ámbar por cada muestra
- 2 recipientes PVC por cada muestra
- 2 recipientes estériles por cada muestra
- 1 frasco de ácido clorhídrico
- 2 neveras portátiles
- 1 libreta de notas
- 2 esferográficos
- 1 GPS
- 1 potenciómetro
- 1 cámara digital
-
-
-
-
-
-

En el aforo del río y de la descarga se utilizó:

- 1 metro
- 2 pares de guantes
- 2 mascarillas
- 1 recipiente de 5 litros
- 1 libreta de notas
- 2 Esferográficos
- 1 GPS
- 1 correntómetro
- 1 cronómetro
- 1 cámara digital
-
-

CAPITULO III
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Población beneficiada

Según el censo realizado por el INEC en el 2010, la ciudad de Tulcán tiene una población de 86.498 habitantes, de los cuales 500 personas son beneficiadas por la propuesta del plan de mitigación ambiental en un tramo de 170 m del río Tajamar, que comprende desde el barrio 5 de junio hasta el barrio centenario.

Tabla 27. Habitantes beneficiados por el plan de mitigación ambiental

Población	
Habitantes beneficiados	500
Otros habitantes	85.998

Fuente: Encuesta del PMA, 2015.

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

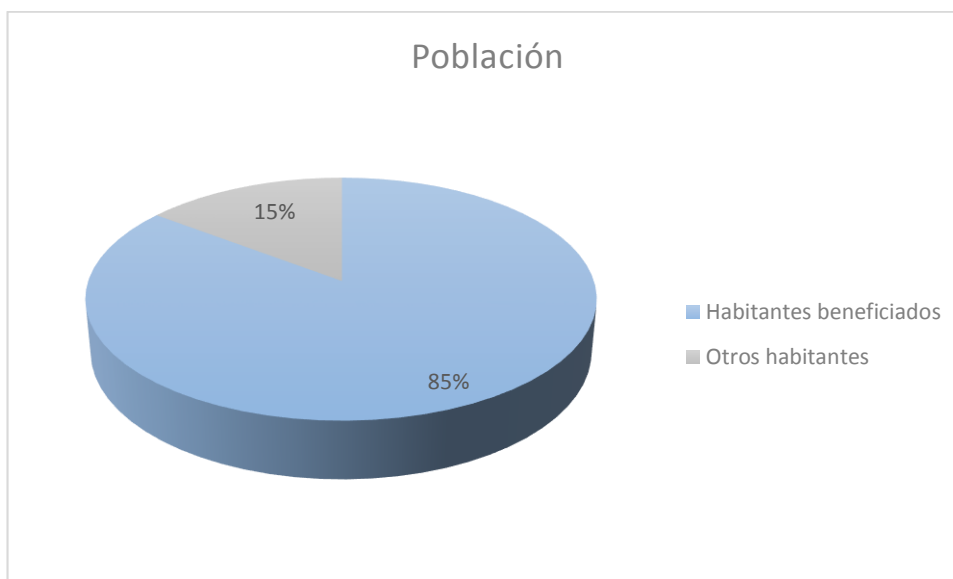


Gráfico 3. Población beneficiada

Fuente: Encuesta del PMA, 2015.

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

3.2. Evaluación de impactos ambientales

Tabla 28. Identificación de impactos

Factores ambientales		Físicos			Biótico		Socio-económico
		Suelo	Agua	Paisaje	Flora	Fauna	Población
Impactos encontrados	Descargas directas de aguas residuales.		X	X	X	X	X
	Residuos sólidos arrojados.	X	X	X	X	X	X
	Acumulación de escombros	X	X	X			X
	Pérdida de cobertura vegetal	X	X	X	X	X	X
	Falta de educación ambiental.	X	X	X	X	X	X
TOTAL		14			8		5

Fuente: Garmendia, 2005

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

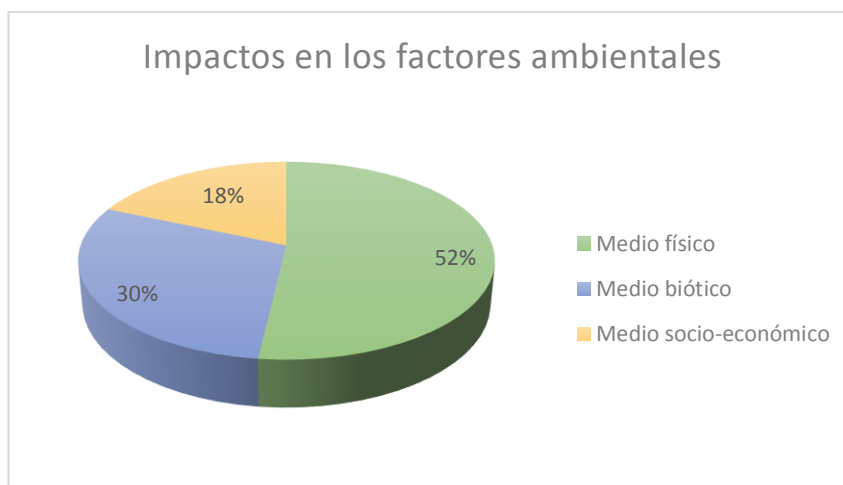


Gráfico 4. Afección en los factores ambientales

Fuente: Garmendia, 2005

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

La identificación de impactos ambientales realizada en un tramo de 170 m del río Tajamar evidencia 27 impactos en los factores ambientales, de los cuales el 52% representan afectaciones al medio físico, el 30% afectaciones al medio biótico y el 18% afectaciones al medio socio-económico.

Tabla 29. Naturaleza del impacto

Factores ambientales		Físicos			Biótico		Socio-económico
		Suelo	Agua	Paisaje	Flora	Fauna	Población
Impactos encontrados	Descargas directas de aguas residuales.		-1	-1	-1	-1	-1
	Residuos sólidos arrojados.	-1	-1	-1	-1	-1	-1
	Acumulación de escombros	-1	-1	-1			-1
	Pérdida de cobertura vegetal.	-1	-1	-1	-1	-1	-1
	Falta de educación ambiental.	-1	-1	-1	-1	-1	-1

Fuente: Garmendia, 2005

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

Tabla 30. Extensión del impacto

Factores ambientales		Físicos			Biótico		Socio-económico
		Suelo	Agua	Paisaje	Flora	Fauna	Población
Impactos encontrados	Descargas directas de aguas residuales.		4	4	4	4	4
	Residuos sólidos arrojados.	1	2	4	2	2	4
	Acumulación de escombros	1	2	4			2

	Pérdida de cobertura vegetal.	4	2	4	4	2	2
	Falta de educación ambiental.	1	1	1	1	1	1

Fuente: Garmendia, 2005

Elaborado por: Johana Narváez, 2015

Tabla 31. Posibilidad de ocurrencia del impacto

Factores ambientales		Físicos			Biótico		Socio-económico
		Suelo	Agua	Paisaje	Flora	Fauna	Población
Impactos encontrados	Descargas directas de aguas residuales.		8	4	4	4	4
	Residuos sólidos arrojados	4	8	4	4	4	4
	Acumulación de escombros	4	4	4			4
	Pérdida de cobertura vegetal	8	4	8	8	4	4
	Falta de educación ambiental.	4	4	4	4	4	4

Fuente: Garmendia, 2005

Elaborado por: Johana Narváez, 2015

Tabla 32. Magnitud del impacto

Factores ambientales		Físicos			Biótico		Socio-económico
		Suelo	Agua	Paisaje	Flora	Fauna	Población
Impactos encontrados	Descargas directas de aguas residuales.		4	4	2	2	2
	Residuos sólidos arrojados	2	4	4	2	2	2

	Acumulación de escombros	4	4	2			2
	Pérdida de cobertura vegetal	2	2	4	4	2	2
	Falta de educación ambiental.	2	2	2	2	2	2

Fuente: Garmendia, 2005

Elaborado por: Johana Narváez, 2015

Tabla 33. Duración del impacto

Factores ambientales		Físicos			Biótico		Socio-económico
		Suelo	Agua	Paisaje	Flora	Fauna	Población
Impactos encontrados	Descargas directas de aguas residuales.		8	1	1	1	1
	Residuos sólidos arrojados	8	1	8	1	1	8
	Acumulación de escombros	8	1	8			1
	Pérdida de cobertura vegetal	8	8	8	1	1	8
	Falta de educación ambiental.	1	1	1	1	1	1

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

Tabla 34. Calificación de impactos ambientales

Factores ambientales		Físicos			Biótico		Socio-económico
		Suelo	Agua	Paisaje	Flora	Fauna	Población
Impactos encontrados	Descargas directas de aguas residuales.		-25	-14	-12	-12	-12
	Residuos sólidos arrojados en el río.	-16	-16	-21	-10	-10	-19
	Acumulación de escombros a orillas del río.	-18	-10	-19			-10

Pérdida de cobertura vegetal	-23	-17	-25	-18	-10	-17
Falta de educación ambiental.	-9	-9	-9	-9	-9	-9

Fuente: Garmendia, 2005

Elaborado por: Johana Narváez, 2015

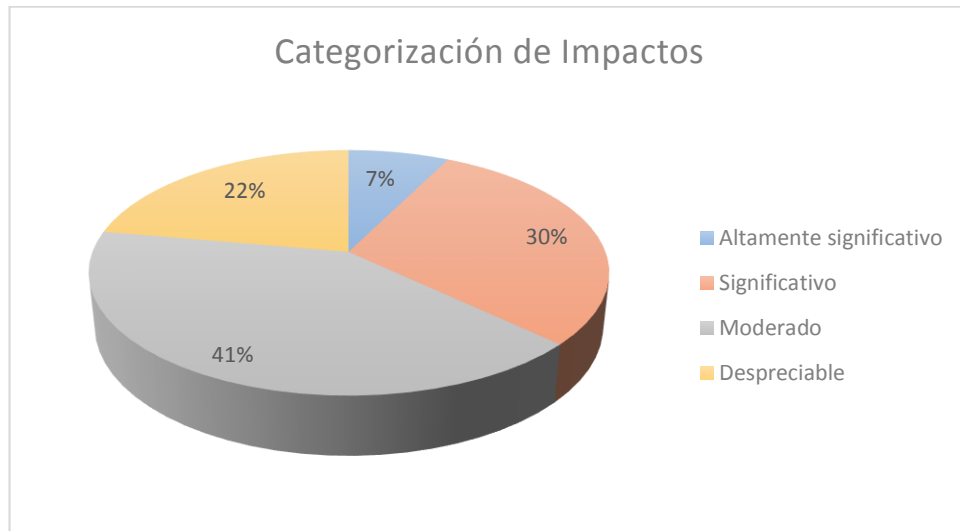


Gráfico 5. Clasificación de impactos

Fuente: Garmendia, 2005

Elaborado por: Johana Narváez, 2015

Según la matriz de clasificación de impactos ambientales realizada en un tramo de 170 m del río Tajamar, se obtuvo que las descargas directas de aguas residuales y la pérdida de cobertura vegetal son impactos altamente significativos, la acumulación de residuos y de escombros en las orillas del río son impactos significativos y la falta de educación ambiental en la población local son un impacto moderado.

3.3. Comparación de resultados con el TULAS

Sector: Barrio 5 de Junio

Tabla 35. Muestreo del río Tajamar en el barrio 5 de junio

MUESTREO DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO TAJAMAR				
TABULACIÓN DE RESULTADOS MEDIANTE EL TULAS				
TULAS			BARRIO 5 DE JUNIO	
Parámetro	Unidad	Límite permisible (TULAS)	Río Tajamar	Criterio
Aceites y grasas	mg/l	0,3	<0,2	CUMPLE
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	2 - 6	21,6	NO CUMPLE
Demanda química de oxígeno	mg/l	-	49,2	-
Oxígeno disuelto	% sat	>80	23,87	NO CUMPLE
Potencial de hidrógeno	pH	6,5 - 9	6,91	CUMPLE
Sólidos totales	mg/l	-	196	-
Turbidez	NTU	100	33,2	CUMPLE
Fósforo total	mg/l	10	<1,00	CUMPLE
Temperatura	°C	-	20	-
Nitritos	mg/l	0,2	0,015	CUMPLE
Nitratos	mg/l	13	2,65	CUMPLE
Coliformes fecales	NPM/100ml	-	2,8x10 ²	-

Fuente: TULAS, 2015 y Laboratorio Corplab, 2014

Elaborado por: Johana Narváez, 2015

Según los parámetros establecidos en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS), Libro de VI Calidad Ambiental, Anexo 1 Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua; el río Tajamar en el sector del barrio 5 de Junio cumple con la mayoría de los parámetros, exceptuando demanda bioquímica de oxígeno y oxígeno disuelto que sobrepasan los límites máximos permisibles.

Sector: Barrio Centenario

Tabla 36. Muestreo del río Tajamar en el barrio centenario

MUESTREO DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO TAJAMAR				
TABULACIÓN DE RESULTADOS MEDIANTE EL TULAS				
TULAS			BARRIO CENTENARIO	
Parámetro	Unidad	Límite permisible (TULAS)	Río Tajamar	Criterio
Aceites y grasas	mg/l	0,3	23,4	NO CUMPLE
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	2 - 6	35,7	NO CUMPLE
Demanda química de oxígeno	mg/l	-	93,7	-
Oxígeno disuelto	% sat	>80	11,31	NO CUMPLE
Potencial de hidrógeno	pH	6,5 - 9	6,87	CUMPLE
Sólidos totales	mg/l	-	268	-
Turbidez	NTU	100	33,5	CUMPLE
Fósforo total	mg/l	10	1,36	CUMPLE
Temperatura	°C	-	20,6	-
Nitritos	mg/l	0,2	<0,01	CUMPLE

Nitratos	mg/l	13	1,09	CUMPLE
Coliformes fecales	NPM/100ml	-	1,6 x 10 ³	-

Fuente: TULAS, 2015 y Laboratorio Corplab, 2014

Elaborado por: Johana Narváez, 2015

Según los parámetros establecidos en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS), Libro de VI Calidad Ambiental, Anexo 1 Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua; el río Tajamar en el sector del barrio Centenario cumple con la mayoría de parámetros, exceptuando aceites y grasas, demanda bioquímica de oxígeno y oxígeno disuelto que sobrepasan los límites máximos permisibles.

Sector: Descarga 5 de junio

Tabla 37. Muestreo de la descarga 5 de junio

MUESTREO DE LA DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES				
TABULACIÓN DE RESULTADOS MEDIANTE EL TULAS				
TULAS			BARRIO 5 DE JUNIO	
Parámetro	Unidad	Límite permisible (TULAS)	Descarga de aguas residuales	Criterio
Aceites y grasas	mg/l	30,0	30,6	NO CUMPLE
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	100	150	NO CUMPLE
Demanda química de oxígeno	mg/l	200	310	NO CUMPLE
Potencial de hidrógeno	pH	6 - 9	7,80	CUMPLE
Sólidos sedimentales	mg/l	-	1,00	-

Sólidos suspendidos totales	mg/l	130	68,0	CUMPLE
Sólidos totales	mg/l	1600	390	CUMPLE
Coliformes fecales	NPM/100ml	10000	1,3 x 10 ⁴	NO CUMPLE
Temperatura	°C	Condición natural ± 3	13,3	NO CUMPLE
Nitritos	mg/l	-	<0,01	-
Nitratos	mg/l	-	4,12	-
Fósforo total	mg/l	10,0	4,80	CUMPLE

Fuente: TULAS, 2015 y Laboratorio Corplab, 2014

Elaborado por: Johana Narváez, 2015

Según los parámetros establecidos en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, Libro de VI Calidad Ambiental, Anexo I Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, la descarga de aguas residuales que se encuentra en el barrio 5 de junio cumple con la mayoría de parámetros, exceptuando aceites y grasas, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, coliformes fecales y temperatura que sobrepasan los límites máximos permisibles.

3.4. Cálculo del Índice de Calidad de Agua

Sector: Barrio 5 de junio

Parámetros calculados a través del Software ICA

Water Quality Index: DO sat (%)

[Click to View Chart](#)

Note: If dissolved oxygen is greater than 140%,
the quality index equals 50.

Convert dissolved oxygen (%sat) to water quality index.

Dissolved oxygen: (%sat) Water
quality index:

Figura 3. Oxígeno Disuelto

Fuente: Software de Water Research Center, 2015

Elaborado por: Johana Narváez, 2015

Tabla 38. Porcentaje de saturación OD

Cálculo de OD (%sat)			
OD (mg/l)	OD (%sat)	Procedimiento	%sat
8,84 mg/l	100	$\frac{100 \times 2,11}{8,84}$	23,87
2,11 mg/l	X		

Fuente: Bain y Stevenson, 1999

Elaborado por: Johana Narváez, 2015

Water Quality Index: Fecal Coli
[Click to View Chart](#)

Note: If the number of fecal coliform colonies is greater than 100,000,
the quality index equals 2.

Fecal coliform: (colonies/100 ml) Water quality index:

Figura 4. Coliformes fecales

Fuente: Software de Water Research Center, 2015

Elaborado por: Johana Narváez, 2015

Water Quality Index: pH
[Click to View Chart](#)

Note: If pH is less than 2.0 or greater than 12.0,
the quality index equals 0.

Convert pH to water quality index.

pH: (units) Water quality index:

Figura 5. Potencial de hidrógeno

Fuente: Software de Water Research Center, 2015

Elaborado por: Johana Narváez, 2015

Water Quality Index: BOD
[Click to View Chart](#)

Note: If biochemical oxygen demand is greater than 30 ppm,
the quality index equals 2.

Convert biochemical oxygen demand (ppm) to water quality index.

Biochemical oxygen demand: (ppm) Water quality index:

Figura 6. Demanda bioquímica de oxígeno

Fuente: Software de Water Research Center, 2015

Elaborado por: Johana Narváez, 2015

Temperature (Water Quality Index Calculator)
Based On Temperature Change from a Reference Site
[Click to View Chart](#)

Temperature change: (C) Water quality index:

Figura 7. Temperatura

Fuente: Software de Water Research Center, 2015

Elaborado por: Johana Narváez, 2015

Water Quality Index: Total Phosphate
[Click to View Chart](#)

Note: If total phosphate is greater than 10 ppm,
the quality index equals 2.

Convert total phosphate (ppm) to water quality index.

Total phosphate: (ppm) Water quality index:

Figura 8. Fosfatos totales

Fuente: Software de Water Research Center, 2015

Elaborado por: Johana Narváez, 2015

Water Quality Index: Nitrate
[Click to View Chart](#)

Note: If nitrate nitrogen is greater than 100 ppm,
the quality index equals 1.

Convert nitrates (ppm) to water quality index.

Nitrates: (ppm) Water quality index:

Figura 9. Nitratos

Fuente: Software de Water Research Center, 2015

Elaborado por: Johana Narváez, 2015

Water Quality Index: Turbidity
[Click to View Chart](#)

Note: If turbidity is greater than 100 NTU,
the quality index equals 5.

Convert turbidity to water quality index.

Turbidity: (jtu) Water quality index:

Figura 10. Turbiedad

Fuente: Software de Water Research Center, 2015

Elaborado por: Johana Narváez, 2015

Water Quality Index: Total Solids
[Click to View Chart](#)

Note: If total solids are greater than 500 ppm,
the quality index equals 20.

Total solids: (ppm) Water quality index:

Figura 11. Sólidos totales

Fuente: Software de Water Research Center, 2015

Elaborado por: Johana Narváez, 2015

Tabla 39. Tabulación e interpretación de resultados a través del Índice de Calidad de Agua (ICA)

ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (WQI)					
DETERMINACION DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA					
RÍO TAJAMAR (BARRIO 5 DE JUNIO)					
Parámetros	Unidad	W (peso)	Análisis	I (software)	W*I
Oxígeno disuelto	% sat	0,17	23,87	15	2,55
Coliformes fecales	NPM/100ml	0,16	2,8 x 10 ²	34	5,44
Potencial de hidrógeno	pH	0,11	6,91	86	9,46
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	0,11	21,6	10	1,1
Temperatura	°C	0,10	20	22	2,2
Fosfatos totales	mg/l	0,10	<1,00	40	4
Nitratos	mg/l	0,10	2,65	92	9,2
Turbiedad	NTU	0,08	33,2	50	4
Sólidos totales	mg/l	0,07	196	73	5,11
Observaciones:	MALA CALIDAD				43,06

Fuente: Software de Water Research Center

Elaborado por: Johana Narváez, 2015

Sector: Barrio centenario

Parámetros calculados a través del Software ICA

Water Quality Index: DO sat (%)
[Click to View Chart](#)
Note: If dissolved oxygen is greater than 140%,
the quality index equals 50.

Convert dissolved oxygen (%sat) to water quality index.

Dissolved oxygen: (%sat) Water quality index:

Figura 12. Oxígeno Disuelto

Fuente: Software de Water Research Center, 2015

Elaborado por: Johana Narváez, 2015

Tabla 40. Porcentaje de saturación OD

Cálculo de OD (%sat)			
OD (mg/l)	OD (%sat)	Procedimiento	%sat
8,84 mg/l	100	$\frac{100}{8,84}$	11,31
1 mg/l	X		

Fuente: Bain y Stevenson, 1999

Elaborado por: Johana Narváez, 2015

Water Quality Index: Fecal Coli
[Click to View Chart](#)
Note: If the number of fecal coliform colonies is greater than 100,000,
the quality index equals 2.

Fecal coliform: (colonies/100 ml) Water quality index:

Figura 13. Coliformes fecales

Fuente: Software de Water Research Center, 2015

Elaborado por: Johana Narváez, 2015

Water Quality Index: pH
[Click to View Chart](#)

Note: If pH is less than 2.0 or greater than 12.0,
the quality index equals 0.

Convert pH to water quality index.

pH: (units) Water quality index:

Figura 14. Potencial de Hidrógeno

Fuente: Software de Water Research Center, 2015

Elaborado por: Johana Narváez, 2015

Water Quality Index: BOD
[Click to View Chart](#)

Note: If biochemical oxygen demand is greater than 30 ppm,
the quality index equals 2.

Convert biochemical oxygen demand (ppm) to water quality index.

Biochemical oxygen demand: (ppm) Water quality index:

Figura 15. Demanda bioquímica de oxígeno

Fuente: Software de Water Research Center, 2015

Elaborado por: Johana Narváez, 2015

Temperature (Water Quality Index Calculator)
Based On Temperature Change from a Reference Site
[Click to View Chart](#)

Temperature change: (C) Water quality index:

Figura 16. Temperatura

Fuente: Software de Water Research Center, 2015

Elaborado por: Johana Narváez, 2015

Water Quality Index: Total Phosphate
[Click to View Chart](#)

Note: If total phosphate is greater than 10 ppm,
the quality index equals 2.

Convert total phosphate (ppm) to water quality index.

Total phosphate: (ppm) Water quality index:

Figura 17. Fosfatos totales

Fuente: Software de Water Research Center, 2015

Elaborado por: Johana Narváez, 2015

Water Quality Index: Nitrate
[Click to View Chart](#)

Note: If nitrate nitrogen is greater than 100 ppm,
the quality index equals 1.

Convert nitrates (ppm) to water quality index.

Nitrates: (ppm) Water quality index:

Figura 18. Nitratos

Fuente: Software de Water Research Center, 2015

Elaborado por: Johana Narváez, 2015

Water Quality Index: Turbidity
[Click to View Chart](#)

Note: If turbidity is greater than 100 NTU,
the quality index equals 5.

Convert turbidity to water quality index.

Turbidity: (jtu) Water quality index:

Figura 19. Turbiedad

Fuente: Software de Water Research Center, 2015

Elaborado por: Johana Narváez, 2015

Water Quality Index: Total Solids
[Click to View Chart](#)
Note: If total solids are greater than 500 ppm,
the quality index equals 20.

Total solids: (ppm) Water quality index:

Figura 20. Sólidos totales

Fuente: Software de Water Research Center, 2015

Elaborado por: Johana Narváez, 2015

Tabla 41. Tabulación e interpretación de resultados a través del Índice de Calidad de Agua (ICA)

ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (WQI)					
DETERMINACION DEL INDICE DE CALIDAD DEL AGUA					
RÍO TAJAMAR (BARRIO CENTENARIO)					
Parámetros	Unidad	W (peso)	Análisis	I (software)	W*I
Oxígeno disuelto	% sat	0,17	11,31	8	1,36
Coliformes fecales	NPM/100ml	0,16	1,6 x 10 ³	20	3,2
Potencial de hidrógeno	pH	0,11	6,87	85	9,35
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	0,11	35,7	5	0,55
Temperatura	°C	0,10	20,6	21	2,1
Fosfatos totales	mg/l	0,10	1,36	33	3,3
Nitratos	mg/l	0,10	1,09	96	9,6
Turbiedad	NTU	0,08	33,5	50	4
Sólidos totales	mg/l	0,07	268	64	4,48

Observaciones:**MALA CALIDAD****37,94****Fuente:** Software de Water Research Center**Elaborado por:** Johana Narváez, 2015

Mediante el cálculo del Índice de Calidad de Agua (ICA) se determina que las dos muestras analizadas en el sector de estudio están en el rango de 25 – 50, lo que significa una mala calidad de agua. De acuerdo a la escala de clasificación del ICA, el río Tajamar está contaminado, posee dudoso abastecimiento público, la recreación es dudosa para el contacto directo, la vida acuática es solo de organismos muy resistentes y necesita tratamiento en la mayor parte.

3.5. Aforo del río Tajamar y de la descarga 5 de junio

Sector: Barrio 5 de junio**Fecha:** 8 de octubre de 2015**Hora:** 9h45 am**Tabla 42. Cuadro de Valores**

RÍO TAJAMAR	DISTANCIA PARCIAL (m)	ALTURA TOTAL (m)	ALTURA PARCIAL (m)	VELOCIDAD (m/s)	TIEMPO (s)	CAUDAL CALCULADO (l/s)
Punto 1	0.7	0.28	0.14	0.4	0.30	39.2
			0.14	0.2		19.6
Punto 2	0.7	0.17	0.09	0.4	0.30	25.2
			0.08	0.4		22.4
Punto 3	0.7	0.16	0.08	0.3	0.30	16.8
			0.08	0.3		16.8

Fuente: EPMAPA-T, 2015**Elaborado por:** Johana Narváez, 2015

Tabla 43. Caudal total

NOMBRE DEL RÍO	SECTOR	CAUDAL TOTAL
Río Tajamar	Barrio 5 de junio	23.33 l/s

Fuente: EPMAPA-T, 2015

Elaborado por: Johana Narváez, 2015

Sector: Barrio centenario**Fecha:** 8 de octubre de 2015**Hora:** 10h30 am**Tabla 44. Cuadro de Valores**

RÍO TAJAMAR	DISTANCIA PARCIAL (m)	ALTURA TOTAL (m)	ALTURA PARCIAL (m)	VELOCIDAD (m/s)	TIEMPO (s)	CAUDAL CALCULADO (l/s)
Punto 1	0.7	0.28	0.14	0.6	0.30	58.8
			0.14	0.2		19.6
Punto 2	0.7	0.23	0.12	0.5	0.30	42
			0.11	0.6		46.2
Punto 3	0.6	0.13	0.07	0.7	0.30	29.4
			0.06	0.6		21.6

Fuente: EPMAPA-T, 2015

Elaborado por: Johana Narváez, 2015

Tabla 45. Caudal total

NOMBRE DEL RÍO	SECTOR	CAUDAL TOTAL
Río Tajamar	Barrio centenario	36.27 l/s

Fuente: EPMAPA-T, 2015

Elaborado por: Johana Narváez, 2015

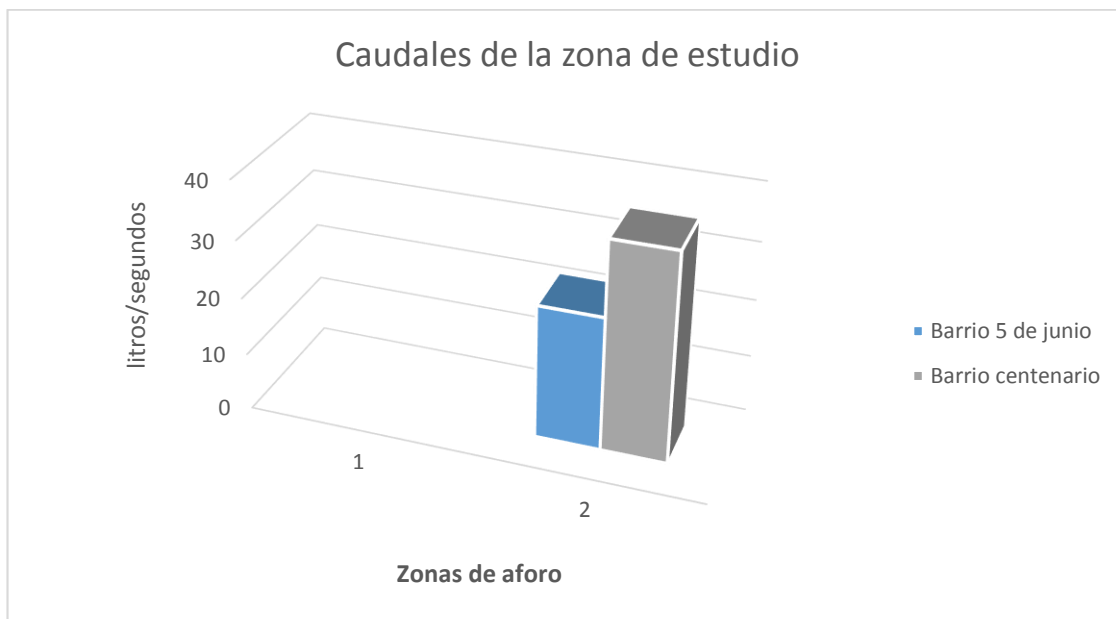


Gráfico 6. Caudal del río Tajamar

Fuente: EPMAPA-T, 2015

Elaborado por: Johana Narváez, 2015

El aforo realizado en el río Tajamar evidencia un aumento de 12.94 l/s en el caudal de agua, esto se debe principalmente a la descarga directa de aguas servidas que proviene del barrio 5 de junio y posteriormente a las descargas residuales de todas las viviendas del barrio centenario.

Descarga: Barrio 5 de junio

Fecha: 8 de octubre de 2015

Hora: 10h10 am

Tabla 46. Cuadro de Valores

Tomas de agua residual	Volumen (l)	Tiempo (s)	Observaciones
Toma 1	5	6.53	La descarga de aguas residuales se origina por los habitantes del barrio.
Toma 2	5	6.53	
Toma 3	5	6.50	
Toma 4	5	6.82	

Toma 5	5	6.19	
Toma 6	5	6.13	
Toma 7	5	5.88	
Toma 8	5	4.68	El aumento de la descarga se debe al funcionamiento de una lavadora de carros en el sector.
Toma 9	5	3.73	
Toma 10	5	3.56	

Fuente: EPMAPA-T, 2015

Elaborado por: Johana Narváez, 2015

El aforo realizado en la descarga del barrio 5 de junio evidencia que cinco litros de aguas residuales resultan en un rango de tiempo entre 6.82 y 3.56 segundos, es decir, que en un segundo se descargan directamente entre 0.74 a 1.05 litros de aguas servidas al río.

3.6. Plan de mitigación ambiental en un tramo de 170 m del río Tajamar

Para mejorar el estado escénico del río y la calidad de agua se propone el plan de mitigación, que es una herramienta dinámica y variable en el tiempo, por lo tanto, se deberá actualizar y mejorar en medida que lo requiera la ejecución del proyecto.

3.6.1. Objetivos

Objetivo general

1. Plantear acciones o medidas específicas para prevenir, controlar y mitigar los impactos negativos encontrados en un tramo de 170 m del río Tajamar.

Objetivos específicos

1. Controlar, corregir y monitorear los impactos causados por las diferentes actividades desarrolladas en el sector.
2. Establecer una gestión de residuos adecuada de acuerdo a la normativa ambiental para evitar impactos negativos sobre el ambiente.
3. Fomentar vínculos armoniosos con el medio social en el que se desenvuelve el plan de mitigación ambiental.

4. Verificar periódicamente el cumplimiento de las actividades planificadas en el plan para supervisar la efectividad de las mismas y así poder realizar cambios en caso de necesitarlos.

3.6.2. Alcance

El plan se aplica en las fases de ejecución y operación del proyecto en el río Tajamar, en función de los impactos identificados en la evaluación ambiental realizada.

El plan ha sido elaborado conforme lo establecido en la normativa ambiental vigente y contiene los siguientes programas:

- Programa de prevención y mitigación de impactos
- Programa de manejo de desechos
- Programa de comunicación, capacitación y educación ambiental
- Programa de restauración
- Programa de monitoreo y seguimiento

3.6.3. Responsables de la ejecución del plan

El responsable en forma directa de la ejecución y verificación del cumplimiento del plan será la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tulcán (EPMAPA-T).

El personal designado como responsable de la aplicación del plan y de cualquier aspecto relacionado a la aplicación de la normativa ambiental, tiene las siguientes responsabilidades:

- Ejecutar el plan observando el cumplimiento de la normativa ambiental vigente en el país y aplicable a las actividades que se realizan cerca del río Tajamar.
- Efectuar las medidas previstas en el plan de mitigación ambiental.
- Desarrollar programas de capacitación e información ambiental, así como de seguridad laboral.

3.6.4. Estructura del plan de mitigación ambiental

El plan de mitigación ambiental en un tramo de 170 m del río Tajamar comprende los siguientes programas:

3.6.4.1. Programa de prevención y mitigación de impactos

El programa de prevención y mitigación de impactos implementa medidas encaminadas a la prevención y reducción de los diferentes contaminantes del río Tajamar, logrando así el mejoramiento del estado escénico del río y de la calidad de vida de los habitantes del sector a intervenir.

Tabla 47. Programa de prevención y mitigación de impactos

PLAN DE MITIGACIÓN AMBIENTAL					
PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS					
<p>OBJETIVO: Desarrollar medidas que permitan la prevención y mitigación de los impactos negativos que generan las actividades cercanas al río Tajamar, para garantizar el cumplimiento de la normativa ambiental local y nacional.</p> <p>LUGAR DE APLICACIÓN: Río Tajamar, tramo de 170 m desde el barrio 5 de junio hasta el barrio centenario.</p> <p>RESPONSABLE: Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tulcán (EPMAPA-T).</p>					PPM-01
ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS PROPUESTAS	INDICADORES	MEDIO DE VERIFICACIÓN	PLAZO (meses)
Calidad del agua	Contaminación del agua por vertidos de residuos sólidos y líquidos provenientes de los diferentes asentamientos humanos	Los desechos sólidos se deberán almacenar en contenedores por lo menos a 50 m del cuerpo de agua.	No. de contenedores instalados	Registro fotográfico	6
		Realizar un estudio para implementar un sistema de alcantarillado en el barrio centenario ya que las viviendas se encuentran asentadas a lo largo de la ribera del río.	No aplica	Informes técnicos	6

que se encuentran cerca del río.	Realizar el mantenimiento externo preventivo y/o correctivo de las conexiones de aguas residuales.	No. de mantenimientos realizados / No. de mantenimientos programados	Informe de mantenimiento	6
	Inspección y mantenimiento semestral de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales	No. de mantenimientos realizados / No. de mantenimientos programados	Informes de inspección y mantenimiento	6
	Después de cada monitoreo, verificar el cumplimiento de los parámetros evaluados con respecto a los límites máximos permisibles establecidos en el Anexo 1, Tabla 3 del TULAS, de haber incumplimientos implantar medidas para su disminución hasta 60 días después de realizado el monitoreo.	No. de monitoreos realizados / No. de monitoreos programados	Informes de laboratorio Registro fotográfico	6

Fuente: Acuerdo Ministerial No. 68 del TULAS, 2013

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

3.6.4.2. Programa de manejo de desechos

El programa de manejo de desechos implementa medidas encaminadas a la correcta disposición de los residuos sólidos generados en el sector de estudio, mejorando así el estado escénico del río Tajamar y la calidad de vida de los habitantes locales.

Tabla 48. Programa de manejo de desechos

PLAN DE MITIGACIÓN AMBIENTAL PROGRAMA DE MANEJO DE DESECHOS					
<p>OBJETIVO: Fijar las normas operativas para el manejo, disposición y eliminación de los escombros generados, priorizando acciones que promuevan la sustitución en la fuente, minimización, selección y reciclaje.</p> <p>LUGAR DE APLICACIÓN: Río Tajamar, tramo de 170 m desde el barrio 5 de junio hasta el barrio centenario.</p> <p>RESPONSABLE: Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tulcán (EPMAPA-T).</p>					PMD-01
ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS PROPUESTAS	INDICADORES	MEDIO DE VERIFICACIÓN	PLAZO (meses)
Calidad del suelo Calidad del aire	Generación y acumulación de residuos sólidos y escombros en el río.	Mantenimiento y limpieza constante de áreas con gran generación de residuos y escombros.	No. de mantenimientos realizados / No. de mantenimientos programados	Informes de mantenimiento y limpieza	6
		Retirar del sitio de intervención los residuos sólidos y escombros existentes.	Cantidad de residuos y	Registro fotográfico	6

Calidad del agua			escombros encontrados		
Social		Realizar la disposición de los residuos sólidos y escombros a través de carros recolectores.	No. de carros recolectores	Registro fotográfico	6
		Los residuos sólidos y escombros serán trasladarlos al relleno sanitario de la ciudad de Tulcán.	Volumen de residuos y escombros transportados	Registro de entrega al relleno sanitario	6

Fuente: Acuerdo Ministerial No. 68 del TULAS, 2013

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

3.6.4.3. Programa de comunicación, capacitación y educación ambiental

El programa de comunicación, capacitación y educación ambiental implementa medidas encaminadas a la concientización de la población del barrio 5 de junio y barrio centenario para que estén informados sobre las actividades a realizar en el sector y además tengan conocimiento sobre el manejo adecuado de residuos sólidos y escombros, el cuidado de la vegetación y el manejo de la fauna urbana, logrando así un notable mejoramiento en el estado escénico del río Tajamar y en la calidad de vida de los habitantes.

Tabla 49. Programa de comunicación, capacitación y educación ambiental

PLAN DE MITIGACIÓN AMBIENTAL	
PROGRAMA DE COMUNICACIÓN, CAPACITACIÓN Y EDUCACIÓN AMBIENTAL	
OBJETIVO: Capacitar a toda la comunidad local del sector a intervenir a fin de que esté debidamente informado y conozca a detalle los procedimientos de ejecución, cumplimiento y responsabilidad en las diferentes actividades.	PCC-01

LUGAR DE APLICACIÓN: Río Tajamar, tramo de 170 m desde el barrio 5 de junio hasta el barrio centenario.					
RESPONSABLE: Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tulcán (EPMAPA-T).					
ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS PROPUESTAS	INDICADORES	MEDIO DE VERIFICACIÓN	PLAZO (meses)
Social / Ambiental	Población no capacitada	Se realizarán las siguientes capacitaciones para socializar con la comunidad local: <ul style="list-style-type: none"> • Plan de mitigación ambiental. • Manejo adecuado de residuos sólidos. • Manejo de la fauna urbana. • Conservación de la vegetación. 	No. de capacitaciones realizadas / No. capacitaciones programadas	Registro de capacitaciones	6
		Todas las actividades de capacitación serán registradas en un registro de capacitación específico.	No aplica	Registro de capacitaciones	6
		Todo el personal deberá recibir inducción antes de ejecutar una tarea nueva.	No aplica	Registro de asistencia	6

Fuente: Acuerdo Ministerial No. 68 del TULAS, 2013

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

3.6.4.4. Programa de restauración

El programa de restauración implementa medidas encaminadas a la reforestación y conservación de la flora en el sector de estudio, mejorando así el estado escénico del río Tajamar y aumentando las especies endémicas del lugar.

Tabla 50. Programa de restauración

PLAN DE MITIGACIÓN AMBIENTAL PROGRAMA DE RESTAURACIÓN					
<p>OBJETIVO: Identificar los lugares que necesitan su correspondiente medida de restauración para reducir o eliminar los impactos negativos.</p> <p>LUGAR DE APLICACIÓN: Río Tajamar, tramo de 170 m desde el barrio 5 de junio hasta el barrio centenario.</p> <p>RESPONSABLE: Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tulcán (EPMAPA-T).</p>					PR-01
ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS PROPUESTAS	INDICADORES	MEDIO DE VERIFICACIÓN	PLAZO (meses)
Social / Ambiental	Disminución de la cobertura vegetal	Reforestar con especies endémicas (2000 – 3500 msnm) como: cholán (<i>Tecoma stans</i>), polylepis (<i>Polylepis incana</i>), pumamaqui (<i>Oreopanax sp.</i>) y yaloman (<i>Delostoma integrifolium</i>).	No. de especies compradas.	Facturas de compra de plantas.	6
	Calidad del suelo	Sembrar las especies mediante plantación lineal, que se basa en dos hileras o franjas en cada lado del río, donde las plantas son dispuestas una cada 5 m y las dimensiones promedio de los hoyos son: 40 cm x 40 cm x 40 cm.	No. de especies sembradas.	Registro de especies sembradas.	6

Fuente: Acuerdo Ministerial No. 68 del TULAS, 2013

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

3.6.5. Programa de monitoreo y seguimiento

El programa de monitoreo y seguimiento implementa medidas encaminadas al control, verificación y cumplimiento de las actividades anteriormente descritas para constatar su ejecución y así mejorar la calidad de agua y el estado escénico del río Tajamar.

Tabla 51. Programa de monitoreo y seguimiento

PLAN DE MITIGACIÓN AMBIENTAL					
PROGRAMA DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO					
<p>OBJETIVO: Comprobar a través de muestreos, mediciones e inspecciones la implementación y eficacia de las medidas ambientales descritas en el presente plan de mitigación ambiental.</p> <p>LUGAR DE APLICACIÓN: Río Tajamar, tramo de 170 m desde el barrio 5 de junio hasta el barrio centenario.</p> <p>RESPONSABLE: Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tulcán (EPMAPA-T).</p>					PMS-01
ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO IDENTIFICADO	MEDIDAS PROPUESTAS	INDICADORES	MEDIO DE VERIFICACIÓN	PLAZO (meses)
Calidad del Agua	Contaminación del agua	Se realizará el monitoreo de calidad del agua del río, según los parámetros establecidos en la Tabla 3 del Anexo 1 del TULAS.	Niveles obtenidos en cada uno de los parámetros	Informes de laboratorio.	6
-	-	Se deberá registrar cada una de las actividades que se ejecuten respecto al cumplimiento del plan de mitigación ambiental.	% de actividades del plan ejecutadas	Registro de actividades realizadas	6

-	-	Se deberá guardar los medios de verificación que evidencien el cumplimiento del plan de mitigación ambiental, tales como: registros de entrega de desechos y escombros, registro fotográfico, registros de capacitación, registros de inspección, facturas, memos, oficios.	No aplica	Registro de inspección, registro fotográfico, facturas, oficios, registros de asistencia.	6
-	-	El director de gestión técnica será el encargado de verificar el cumplimiento del plan de mitigación ambiental, mediante la observación y revisión de registros de actividades realizadas.	No aplica	Informes de cumplimiento por parte de la dirección de gestión técnica	6

Fuente: Acuerdo Ministerial No. 68 del TULAS, 2013

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

3.6.5. Cronograma del plan

Tabla 52. Cronograma del plan de mitigación ambiental

MATRIZ DE COSTOS Y CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DEL PLAN DE MITIGACIÓN AMBIENTAL					
CÓDIGO DE ACTIVIDAD	ACTIVIDAD PLANIFICADA	MEDIO DE VERIFICACIÓN	COSTOS (\$)	PLAZO	ÁREAS O PERSONAS RESPONSABLES
PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS					

A1	Los desechos sólidos se deberán almacenar en contenedores por lo menos a 50 m del cuerpo de agua.	Registro fotográfico de los recipientes implementados.	540	Continuo según la necesidad.	Área de Medio Ambiente y Coordinador de Proyectos.
A2	Realizar un estudio para implementar un sistema de alcantarillado en el barrio centenario ya que las viviendas se encuentran asentadas a lo largo de la ribera del río.	Informes técnicos	1.200	Según la necesidad.	Gerencia, Área de Medio Ambiente y Coordinador de Proyectos.
A3	Realizar el mantenimiento externo preventivo y/o correctivo de las conexiones de aguas residuales.	Informes de mantenimiento.	Recursos humanos	Frecuencia semestral	Área de Mantenimiento
A4	Inspección y mantenimiento semestral de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales.	Informes de inspección y mantenimiento.	Recursos humanos	Frecuencia semestral	Área de Mantenimiento y Medio Ambiente.
A5	Después de cada monitoreo, verificar el cumplimiento de los parámetros evaluados con respecto a los límites máximos permisibles establecidos en el Anexo 1, Tabla 3 del TULAS, de haber incumplimientos implantar medidas para su disminución hasta 60 días después de realizado el monitoreo.	Informes de laboratorio.	Recursos humanos	Frecuencia semestral	Área de Medio Ambiente.
PROGRAMA DE MANEJO DE DESECHOS					
B1	Mantenimiento y limpieza constante de áreas con gran generación de residuos y escombros.	Informes de mantenimiento.	Recursos humanos	Frecuencia semestral	Área de Mantenimiento y Limpieza.

B2	Retirar del sitio de intervención los residuos sólidos y escombros existentes.	Registro fotográfico	Recursos humanos	Frecuencia diaria	Área de Medio Ambiente y Limpieza.
B3	Realizar la disposición de los residuos sólidos y escombros a través de carros recolectores.	Registro fotográfico.	Recursos humanos	Frecuencia diaria	Área de Medio Ambiente y Limpieza.
B4	Los residuos sólidos y escombros serán trasladarlos al relleno sanitario de la ciudad de Tulcán.	Registro de entrega de residuos.	Recursos humanos	Frecuencia diaria	Área de Medio Ambiente y Limpieza.
PROGRAMA DE COMUNICACIÓN, CAPACITACIÓN Y EDUCACIÓN AMBIENTAL					
C1	Se realizarán las siguientes capacitaciones para socializar con la comunidad local: <ul style="list-style-type: none"> • Plan de mitigación ambiental. • Manejo adecuado de residuos sólidos. • Manejo de la fauna urbana. • Conservación de la vegetación. 	Registro de capacitaciones.	Recursos humanos	Según la necesidad.	Área de Medio Ambiente.
C2	Todas las actividades de capacitación serán registradas en un registro de capacitación específico.	Registro de capacitación.	Recursos humanos	Según la necesidad.	Área de Medio Ambiente.
C3	Todo el personal deberá recibir inducción antes de ejecutar una tarea nueva.	Registro de asistencia.	Recursos humanos	Continuo según la necesidad.	Área de Medio Ambiente.
PROGRAMA DE RESTAURACIÓN					
D1	Reforestar con especies endémicas (2000 – 3500 msnm) como: cholán (<i>Tecoma stans</i>), polylepis (<i>Polylepis incana</i>), pumamaqui (<i>Oreopanax sp.</i>) y yaloman (<i>Delostoma integrifolium</i>).	Facturas de compra de plantas.	2.665	Según la necesidad.	Área de Medio Ambiente y Personal Operador.

D2	Sembrar las especies mediante plantación lineal, que se basa en dos hileras o franjas en cada lado del río, donde las plantas son dispuestas una cada 5 m y las dimensiones promedio de los hoyos son: 40 cm x 40 cm x 40 cm.	Registro de especies sembradas.	Recursos humanos	Según la necesidad.	Área de Medio Ambiente y Personal Operador.
PROGRAMA DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO					
E1	Se realizará el monitoreo de calidad del agua del río, según los parámetros establecidos en la Tabla 3 del Anexo 1 del TULAS.	Muestras de laboratorio.	1.000	Frecuencia semestral	Área de Medio Ambiente y Personal Externo.
E2	Se deberá registrar cada una de las actividades que se ejecuten respecto al cumplimiento del plan de mitigación ambiental.	Informe de seguimiento.	Recursos humanos	Según la necesidad.	Área de Medio Ambiente.
E3	Se deberá guardar los medios de verificación que evidencien el cumplimiento del plan de mitigación ambiental, tales como: registros de entrega de desechos y escombros, registro fotográfico, registros de capacitación, registros de inspección, facturas, memos, oficios.	Registro fotográfico.	Recursos humanos	Según la necesidad.	Área de Medio Ambiente.
E4	El director de gestión técnica será el encargado de verificar el cumplimiento del plan de mitigación ambiental, mediante la observación y revisión de registros de actividades realizadas.	Informe de cumplimiento.	Recursos humanos	Frecuencia mensual.	Departamento de Gestión Técnica.
PRESUPUESTO TOTAL DEL PLAN			\$ 5.405		

Fuente: Acuerdo Ministerial No. 68 del TULAS, 2013

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

CONCLUSIONES

- ❖ La evaluación de impactos ambientales realizada en el sector de estudio nos da a conocer los contaminantes del río, principalmente tenemos las descargas de aguas residuales y la pérdida de la cobertura vegetal como impactos altamente significativos, la acumulación de escombros y los residuos sólidos arrojados en el río como impactos significativos y la falta de educación en la población local como impacto de baja magnitud.
- ❖ La comparación de los análisis de laboratorio con los parámetros establecidos en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS) demuestran que el río Tajamar en el sector a intervenir cumple con la mayoría de los parámetros, exceptuando aceites y grasas, demanda bioquímica de oxígeno y oxígeno disuelto que sobrepasan los límites máximos permisibles y los coliformes fecales necesitan tratamiento.
- ❖ La comparación de los análisis de laboratorio con los parámetros establecidos en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS) demuestran que la descarga de aguas residuales que se encuentra en el barrio 5 de junio cumple con la mayoría de parámetros, exceptuando aceites y grasas, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, coliformes fecales y temperatura que sobrepasan los límites máximos permisibles.
- ❖ El cálculo del índice de calidad de agua (ICA) en el río Tajamar, determina que la muestra del barrio 5 de junio tiene un ICA de 43,06 y la muestra del barrio centenario tiene un ICA de 37,94, demostrando que las dos muestras analizadas tienen un bajo valor en la calidad de agua del río.
- ❖ Las dos muestras analizadas en el sector de estudio están en el rango de 25 – 50, lo que significa que el río tiene mala calidad de agua y de acuerdo a la escala de clasificación del ICA, el río está contaminado, posee dudoso abastecimiento público, la vida acuática es solo de organismos muy resistentes y necesita tratamiento en la mayor parte.
- ❖ El aforo realizado en el río Tajamar indica un aumento de 12.94 l/s en el caudal de agua que se debe principalmente a la descarga directa de aguas servidas que proviene del barrio 5 de junio y posteriormente a las descargas residuales de todas las viviendas del barrio centenario.

RECOMENDACIONES

- ❖ Poner en marcha el plan de mitigación propuesto para lograr un manejo adecuado de los componentes abióticos y bióticos del río Tajamar, mejorar las condiciones de vida de la población local y cumplir con los criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios.
- ❖ Involucrar a la población del sector de estudio y a las instituciones encargadas del manejo adecuado del río para que de forma participativa colaboren en cada una de las actividades que se van a realizar.
- ❖ Ejecutar todas las medidas planteadas en cada uno de los programas del plan de mitigación ambiental para reducir la magnitud de los contaminantes y mejorar el estado escénico del río.

BIBLIOGRAFÍA

- Abarca, L. (2014). *Auditoría Ambiental de Cumplimiento CERSA*. Quito, Ecuador: Coadviser.
- Bermeo, L. (2014). *Guía didáctica de Prácticum IV.2*. Loja, Ecuador: Ediloja.
- Bustos, F. (2007). *Manual de Gestión y Control Ambiental*. Ecuador: RN Industria gráfica.
- Calvo, P. (2000). *Manual de Gestión Ambiental y Auditoría: Sector de Construcción de Viviendas*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Canter, L. (2004). *Manual de Evaluación de Impacto Ambiental*. España: Ed. McGraw-Hill.
- Consejo Ambiental Regional. (2008). *Plan Estratégico Ambiental Regional de Loja, Zamora Chinchipe y el Oro*. Ecuador: Reyes Andrade.
- Chamorro, L. (2004). *Plan Ambiental Participativo del Cantón Alausí*. Quito, Ecuador: Ecogestión.
- Cuenca, N. (2013). *Gestión de recursos hídricos en el Ecuador*. Quito, Ecuador: SENAGUA
- Garmendia, A., Salvador, A., Crespo, C., y Garmendia, L. (2005). *Evaluación de Impacto Ambiental*. España: Pearson Education S.A.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2008). *Metodología de la Investigación*. México: Editorial Ultra.
- Lombardero, J.L. (2008). *Manual para la formación en el medio ambiente*. España: LEX NOVA S.A.
- Malacatus, P. (2014). *Auditoría Ambiental de Cumplimiento San Cayetano*. Quito, Ecuador: Coadviser.
- Mihelcic, J., y Zimmerman, J. (2012). *Ingeniería ambiental: fundamentos, sustentabilidad, diseño*. México: Alfaomega S.A.
- Ministerio del Ambiente. (2013). *Acuerdo 068 de la Reforma al Título I Libro VI del TULSMA*. Quito, Ecuador: MAE.
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Acuerdo Ministerial No. 028 Sustituyese el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria*. Quito, Ecuador: MAE.
- Miranda, J. (2012). *Gestión de proyectos: evaluación financiera, económica, social, ambiental*. Bogotá, Colombia: MM editores.

Muñoz, F. (2011). *Manejo de Cuencas Hidrográficas Tropicales*. Loja, Ecuador: ISBM.

Secretaría Nacional del Agua. (2013). *Plan de Conservación de Agua*. Quito, Ecuador: SENAGUA.

Severiche, C., Castillo, M., y Acevedo, R. (2013). *Manual de métodos analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en aguas*. Málaga, España: Eumednet.

Solis, S. (2011). *Diseño de un plan de mitigación para la recuperación de las áreas afectadas por la construcción de la Central Hidroeléctrica Ocaña, cantón Cañar, provincia del Cañar*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Villa, M. (2014). *Guía didáctica de Gestión Ambiental Urbana*. Loja, Ecuador: Edi-loja.

ANEXOS

Anexo 1. Modelo de encuesta

PLAN DE MITIGACIÓN AMBIENTAL DEL RÍO TAJAMAR EN EL BARRIO 5 DE JUNIO Y BARRIO CENTENARIO DE LA CIUDAD DE TULCÁN

No. de Encuesta:

Fecha: Provincia: Cantón:

Parroquia: Localidad:

Datos generales del informante

Nombre del encuestado(a):

Edad:

Ocupación:

Número de personas con las que vive:

H

1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

M

1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

N

1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

Nombre del sector en el que vive:

Tipo de residuos sólidos generados

Residuos domésticos ()

Residuos agrícolas ()

Residuos de construcción ()

Otros:

Características del río Tajamar

Olor: () tolerable () intolerable

Color: () incoloro () gris () verde () amarillo

Presencia de basura ()

Vectores infecciosos ()

Otros:

Presencia de animales en el sector

Ganado vacuno ()

Ganado porcino ()

Ganado ovino ()

Animales domésticos ()

Vertido de aguas residuales en el sector

Colector municipal ()

Pozo séptico ()

Cuerpo de agua ()

Otros:

Enfermedades encontradas en los habitantes del sector

Gastrointestinales ()

Conjuntivitis ()

Alergias en la piel ()

Otras:

Observaciones.....

.....

.....

.....

Anexo 2. Matriz de marco lógico del plan de mitigación ambiental

MATRIZ DE MARCO LÓGICO			
PLAN DE MITIGACIÓN AMBIENTAL EN EL RÍO TAJAMAR (170 m)			
RESUMEN NARRATIVO	INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
<p>FIN</p> <p>Contribuir a la disminución de impactos ambientales existentes en el río Tajamar de la ciudad de Tulcán.</p>	<p>% de reducción de la contaminación en el río Tajamar.</p>	<p>Información actualizada disponible.</p> <p>Toma de muestras con personal de laboratorio.</p>	<p>Apoyo económico, financiero y técnico por parte de la EPMAPA-T para la ejecución del plan de mitigación ambiental.</p>
<p>PROPÓSITO</p> <p>Mejorar el estado escénico del río Tajamar y la calidad de vida de los habitantes del sector a intervenir.</p>	<p>% de mejora de las características del río Tajamar.</p> <p>% de mejora de las condiciones de vida de los habitantes locales.</p>	<p>Informes y fichas técnicas de operación del plan de mitigación ambiental.</p>	<p>Flujo de recursos económicos suficientes para implementar y operar el plan de mitigación ambiental.</p>
<p>COMPONENTES</p> <p>Prevención y mitigación de impactos.</p> <p>Manejo de desechos.</p> <p>Comunicación, capacitación y educación ambiental.</p> <p>Restauración o reforestación.</p>	<p>% de avance en la ejecución del programa de prevención y mitigación de impactos.</p> <p>% de avance en la ejecución del programa de manejo de desechos.</p> <p>% de avance en la ejecución del programa de comunicación, capacitación y educación ambiental.</p> <p>% de avance en la ejecución del programa de restauración.</p>	<p>Informes técnicos.</p> <p>Informes de operación.</p>	<p>La EPMAPA-T apoya con recursos económicos y personal técnico para la ejecución del plan de mitigación ambiental.</p>
<p>ACTIVIDADES</p> <p>Implementar recipientes de basura y</p>		<p>Informes técnicos, económicos y de operación.</p>	<p>Recursos económicos suficientes y oportunos.</p>

<p>realizar varios estudios en el sistema de alcantarillado de las viviendas ubicadas en las riberas del río.</p> <p>Retirar residuos sólidos y escombros encontrados a lo largo del río Tajamar.</p> <p>Capacitar a la población local sobre el manejo adecuado de residuos sólidos, el cuidado de la vegetación y el manejo de fauna urbana.</p> <p>Reforestar con especies endémicas (2000 – 3500 msnm) como: cholán (<i>Tecoma stans</i>), polylepis (<i>Polylepis incana</i>), pumamaqui (<i>Oreopanax sp.</i>) y yaloman (<i>Delostoma integrifolium</i>).</p> <p>Realizar monitoreo de calidad del agua del río, según los parámetros establecidos en la Tabla 3 del Anexo 1 del TULAS.</p>	<p>Número de recipientes de basura instalados.</p> <p>Cantidad de estudios realizados.</p> <p>Volumen de residuos sólidos y escombros transportados.</p> <p>Número de asistentes en la capacitación.</p> <p>Número de plantas sembradas.</p> <p>Número de monitoreos realizados.</p>		<p>Personal especializado, capacitado y calificado.</p> <p>Equipo operativo.</p>
--	--	--	--

Elaborado por: Johana Narváez, 2015.

Anexo 3. Fotografías

Foto 1. Río Tajamar



Fuente: Johana Narváez, 2015

Foto 2. Barrio 5 de Junio



Fuente: Johana Narváez, 2015

Foto 3. Barrio Centenario



Fuente: Johana Narváez, 2015

Foto 4. Descarga de aguas residuales, barrio 5 de junio



Foto 5. Descargas de aguas residuales, barrio centenario



Fuente: Johana Narváez, 2015

Foto 6. Escombros en el río Tajamar



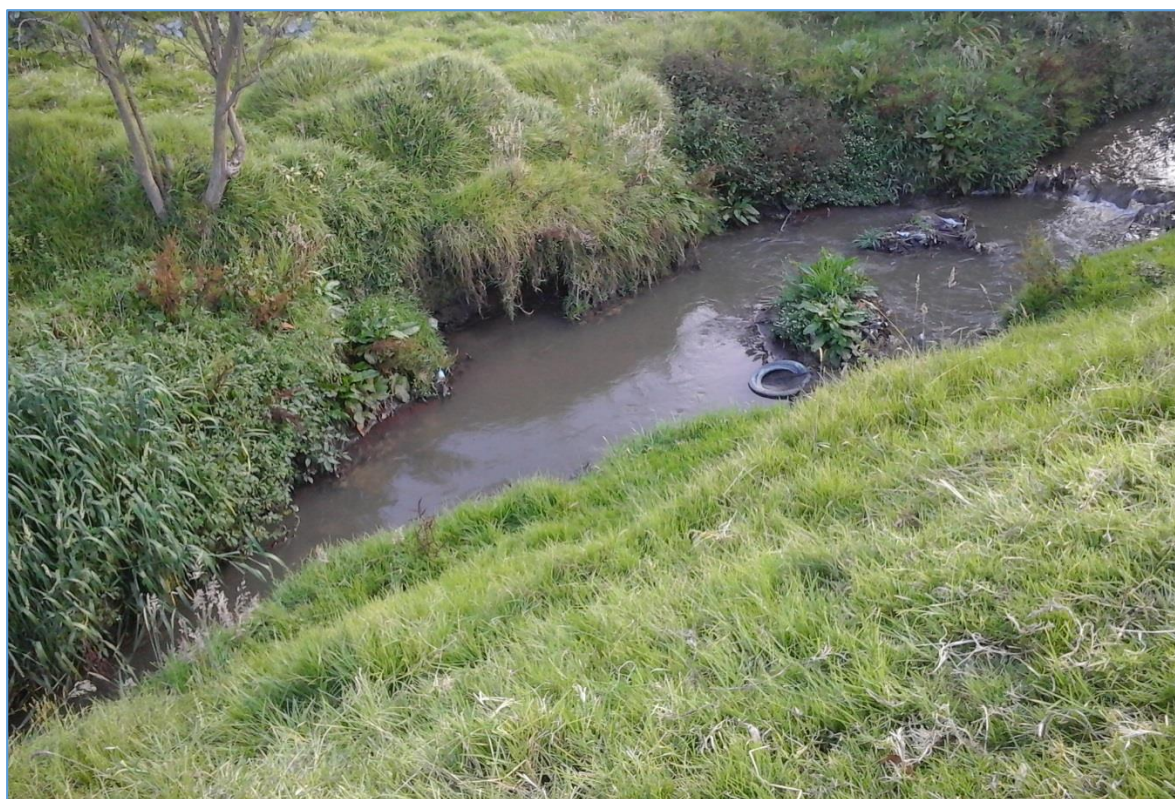
Fuente: Johana Narváez, 2015

Foto 7. Acumulación de escombros



Fuente: Johana Narváez, 2015

Foto 8. Residuos sólidos en el río Tajamar



Fuente: Johana Narváez, 2015

Foto 9. Residuos sólidos en el río Tajamar



Fuente: Johana Narváez, 2015

Foto 10. Presencia de fauna urbana en las riberas del río Tajamar



Fuente: Johana Narváez, 2015

Foto 11. Viviendas a la largo de las riberas del río Tajamar



Fuente: Johana Narváez, 2015

Foto 12. Viviendas a lo largo de las riberas del río Tajamar



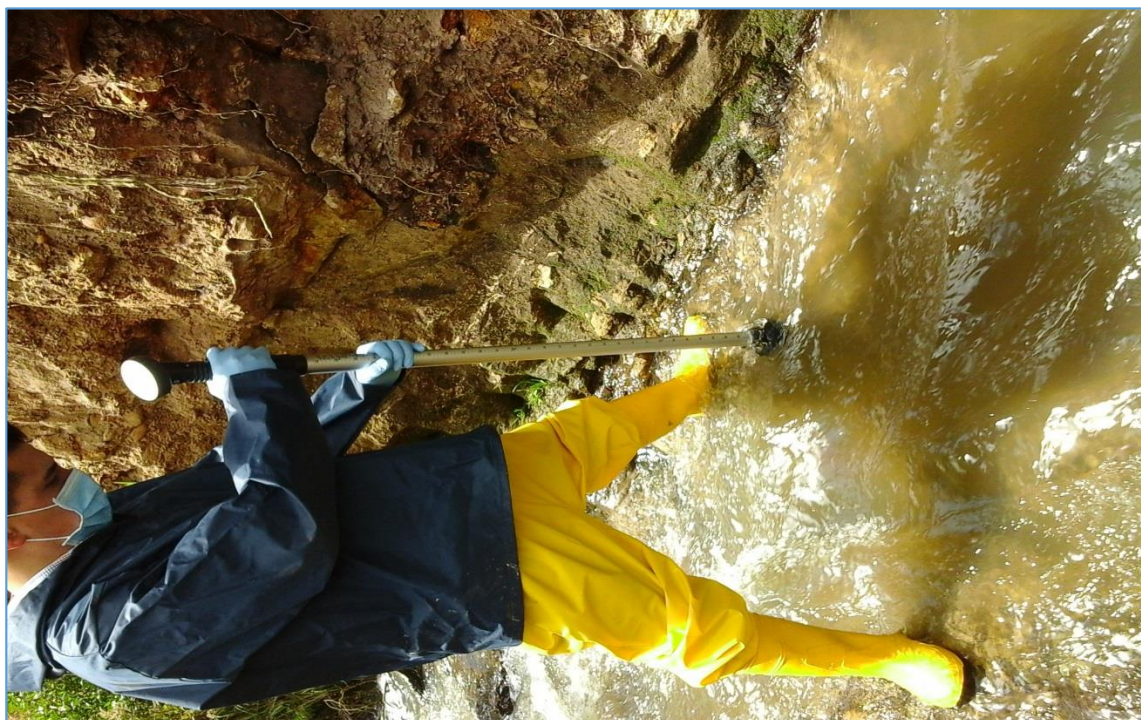
Fuente: Johana Narváez, 2015

Foto 13. Aforo del río Tajamar, barrio 5 de junio



Fuente: Johana Narváez, 2015

Foto 14. Aforo del río Tajamar, barrio centenario



Fuente: Johana Narváez, 2015

Foto 15. Aforo de la descarga residual 5 de junio



Fuente: Johana Narváez, 2015