



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Sede Esmeraldas
(PUCESE)

Escuela de Ingeniería en Gestión Ambiental

TESIS DE GRADO

**ESTADO DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO TEAONE
(CUENCA BAJA) ENTRE LA TERMOELÉCTRICA Y LA
DESEMBOCADURA DEL RÍO ESMERALDAS, SECTOR DE LA
PROPICIA 1.**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA EN GESTIÓN AMBIENTAL**

Autor

Erika Vanessa Prado Villacreses

Asesor

Eduardo Rebolledo Monsalve

Esmeraldas, 2015

Trabajo de tesis aprobado luego de haber dado cumplimiento a los requisitos exigidos
por el reglamento de Grado de la PUCESE previo a la obtención del título de
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL.

Presidente Tribunal de Graduación

Lector 1

Lector 2

Director de la Escuela de Gestión Ambiental

Director de Tesis

Esmeraldas, de de 2015

AUTORIA

Yo, Erika Vanessa Prado Villacreses, declaro que la presente investigación enmarcada en el actual trabajo de tesis es absolutamente original, auténtica y personal.

En virtud que el contenido de ésta investigación es de exclusiva responsabilidad legal y académica de la autora y de la PUCESE.

Erika Vanessa Prado Villacreses
C.I. 080304709-1

AGRADECIMIENTO

El desarrollo de esta investigación no hubiese sido posible sin la participación de personas que han facilitado las cosas para que este trabajo llene las expectativas planteadas. Por ello es para mí un placer utilizar este medio para de una manera ser justa y consecuente con ellas.

Debo agradecer de una manera muy especial y sincera a mis padres y a mi hermano quienes son un pilar fundamental para mí, que sin su apoyo, amor y constancia gran parte de este trabajo no hubiese sido posible.

Al Ing. Gary Ramírez por todo su apoyo y conocimientos brindados, los mismos que fueron clave para el desarrollo de este trabajo.

A los habitantes de los Barrios "Propicia 1", "La Concordia" y "Cooperativa Río Teaone", gracias por su espíritu colaborador que hizo más fácil mi trabajo.

Al Dr. Carlos Martínez quien con su vasto conocimiento en el tema de macroinvertebrados se convirtió en mi guía principal para el desarrollo de mi objetivo.

Al Dr. Rubén Vera por todos sus conocimientos que aportaron en el desarrollo de este estudio. Al Blgo. Eduardo Rebolledo por su asesoría y constancia para la culminación de esta investigación.

A todos y cada uno de los profesores que he conocido a lo largo de esta carrera gracias por compartir todos sus conocimientos, y de manera general quiero agradecer a todas aquellas personas que formaron parte de esto que empezó como una simple idea. Gracias.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este logro de forma muy especial e infinita a mis padres Guillermo Prado Erazo y Marjorie Villacreses Suarez, a mi hermano Guillermo Prado Villacreses, ustedes que nunca han dejado de creer en mí y me han brindado ese amor y apoyo incondicional, gracias por todo su esfuerzo invertido en mí.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AUTORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ABREVIATURAS	vi
LISTA DE TABLAS	vii
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2. MARCO DE REFERENCIA	3
1.2.1. Bases teóricas científicas	3
1.2.2. Objetivos	12
1.2.3. Marco legal y Planificación Nacional	13
2. TEXTO.	17
2.1. MATERIALES Y MÉTODOS.	17
2.1.1. Descripción y caracterización del lugar de estudio.	17
2.1.2. Materiales y equipos.	18
2.1.3. Técnica de muestreo	19
2.2. RESULTADOS	22
2.2.1. Turbidez.	23
2.2.2. Oxígeno disuelto.	23
2.2.3. pH.	24
2.2.4. Conductividad.	24
2.2.5. Temperatura agua.	25
2.2.6. Temperatura ambiente.	25
2.2.7. Análisis biológico (macroinvertebrados).	26
2.2.8. Vulnerabilidad de la población local según el uso del agua del río en base a las encuestas realizadas.	29
2.3. DISCUSIÓN.	39
2.4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	41
3. REFERENCIAS.	42

3.1.	BIBLIOGRAFÍA.	42
3.2.	ANEXOS	48

ABREVIATURAS

°C:	Grados centígrados
cc:	centímetros cúbicos
EAPA –San Mateo:	Empresa de Agua Potable y Alcantarillado San Mateo
GPS:	Sistema de Posicionamiento Global
L:	litros
ml:	mililitros
mg:	miligramos
NTU:	Unidades Nefelométricas de Turbidez
OAE:	Organismo de Acreditación Ecuatoriano
pH:	potencial de Hidrógeno
REE:	Refinería Estatal de Esmeraldas
SNGR:	Secretaría Nacional de Gestión de Riesgo
SENPLADES:	Secretaría Nacional de Desarrollo y Planificación
T°:	Temperatura
TERMOESMERALDAS:	Unidad de Negocios CELEC EP TERMOESMERALDAS
TPH:	Hidrocarburos Totales de Petróleo
TULAS:	Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria

LISTA DE TABLAS

TABLA I. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aldehídos		mg/l	2,0
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cloro activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes fecales	Nmp/100ml		⁸ Remoción > al 99,9%
Color real		unidades de color	*inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.Q ₅	mg/l	0,5
Demanda Química de Oxígeno.	D.Q.O.	mg/l	100
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	250
Estaño	Sn	mg/l	1,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo total	P	mg/l	5,0
Hierro total	Fe	mg/l	10
Hidrocarburos	TPH	mg/l	10,0
Totales de Petróleo			20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	
Materia flotante	Visibles		2,0
Mercurio total	Hg	mg/l	Ausencia
Níquel	Ni	mg/l	0,005
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	2,0
			10,0

Fuente: Modificado de TULAS, Libro VI, Anexo 1, Tabla 12.

TABLA II. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Nitrógeno total	N	mg/l	15
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,05
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos sedimentables		ml/l	1,0
Sólidos suspendidos totales		mg/l	100
Sólidos totales		mg/l	1600
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	1000
Sulfitos	SO ₃	mg/l	2,0
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	° C		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Vanadio	V	mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	5,0

Fuente: Modificado de TULAS, Libro VI, Anexo 1, Tabla 12.

TABLA III. Criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas y en aguas marinas y de estuario.

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Clorofenoles	Concentración total de PCBs	mg/l	0,5	0,5	0,5
Bifenilospoliclorados/PCBs		mg/l	0,001	0,001	0,001
Oxígeno Disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% y no menor a 6 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l
Potencial de Hidrógeno	pH		6, 5-9	6, 5-9	6, 5-9. 5
Sulfuro de hidrógeno ionizado	H ₂ S	mg/l	0,0002	0,0002	0,0002
Amoniaco	NH ₃	mg/l	0,02	0,02	0,04
Aluminio	Al	mg/l	0,1	0,1	1,5
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0	1,0	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1	0,1	1,5
Boro	B	mg/l	0,75	0,75	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	0,001	0,005
Cianuro libre	CN ⁻	mg/l	0,01	0,01	0,01
Zinc	Zn	mg/l	0,18	0,18	0,17
Cloro residual	Cl	mg/l	0,01	0,01	0,01
Estaño	Sn	mg/l			2,00
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2	0,2
Plomo	Pb	mg/l			0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,02	0,02	0,05
Cromo total	Cr	mg/l	0,05	0,05	0,05
Fenoles monohídricos	Expresado como fenoles	mg/l	0,001	0,001	0,001
Grasas y aceites	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3	0,3
Hierro	Fe	mg/l	0,3	0,3	0,3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,5	0,5	0,5
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	Concentración total de HAPs	mg/l	0,0003	0,0003	0,0003
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1	0,1
Materia flotante	visible		Ausencia	Ausencia	Ausencia

Fuente: Modificado de TULAS, Libro VI, Anexo 1, Tabla 3.

TABLA IV. Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas y en aguas marinas y de estuario.

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,025	0,1
Plaguicidas organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	µg/l	10,0	10,0	10,0
Plaguicidas organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	µg/l	10,0	10,0	10,0
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05	0,05
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,01	0,005
Selenio	Se	mg/l	0,01	0,01	0,01
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5	0,5
Temperatura	° C		Condiciones naturales + 3 Máximo 20	Condiciones naturales + 3 Máximo 32	Condiciones naturales + 3 Máximo 32
Coliformes fecales	Nmp/100 ml		200	200	200

Fuente: Modificado de TULAS, Libro VI, Anexo 1, Tabla 3.

TABLA V. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Aluminio	Al		0,2
Amoníaco	N-Amoniacal	mg/l	1,0
Amonio	NH ₄	mg/l	0,05
Arsénico (total)	As	mg/l	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Cianuro (total)	CN ⁻	mg/l	0,1
Cloruro	Cl	mg/l	250
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Coliformes totales	nmp/100ml	mg/l	3000
Coliformes fecales	nmp/100ml	mg/l	600
Color	color real	unidades de color	100
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,002
Cromo hexavalente	Cr ⁵⁺	mg/l	0,05
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	2,0
Dureza	CaCO ₃	mg/l	500
Bifenilos policlorados/PCBs	Concentración de PCBs totales	µg/l	0,0005
Fluoruro (total)	F	mg/l	1,5
Hierro (total)	Fe	mg/l	1,0
Manganeso (total)	Mn	mg/l	0,1
Materia flotante			Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10,0
Nitritio	N-Nitrito	mg/l	1,0
Olor y sabor			Es permitido olor y sabor removible por tratamiento convencional.
Oxígeno disuelto	OD	mg/l	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/l
Plata (total)	Ag	mg/l	0,05
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Potencial de hidrógeno	pH		6 - 9
Selenio (total)	Se	mg/l	0,01
Sodio	Na	mg/l	200
Sólidos disueltos totales		mg/l	1000
Sulfatos	SO ₄ ⁻	mg/l	400

Fuente: Modificado de TULAS, Libro VI, Anexo 1, Tabla 1.

TABLA VI. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible
Temperatura		°C	Condición Natural + 0 - 3 grados
Tesoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Turbiedad		UTN	100
Zinc	Zn	mg/l	5,0

Fuente: Modificado de TULAS, Libro VI, Anexo 1, Tabla 1.

TABLA VII. Límites permisibles para el monitoreo ambiental permanente de aguas y descargas líquidas en la exploración, producción, industrialización, transporte, almacenamiento y comercialización de hidrocarburos y sus derivados, inclusive lavado y mantenimiento de tanques y vehículos.

4.a) Límites permisibles en el punto de descarga de efluentes (descargas líquidas).

a) fuente (punto de descarga)					
Parámetro	Expresado en	Unidad	Valor límite permisible	Promedio anual	Destino de descarga
Potencial de hidrógeno	pH	---	<5pH<9	<5.0pH<9.0	Todos
Conductividad eléctrica	CE	µS/cm	<2500	<2000	Continente
Hidrocarburos totales	TPH	mg/l	<20	<15	Continente
Hidrocarburos totales	TPH	mg/l	<30	<20	Mar abierto
Demanda Química de Oxígeno	DBO	mg/l	<120	<80	Continente
Demanda Química de Oxígeno	DBO	mg/l	<350	<300	Mar abierto
Sólidos totales	ST	mg/l	<1700	<1500	Todos
Bario	Ba	mg/l	<5	<3	Todos
Cromo (total)	Cr	mg/l	<0.5	<0.4	Todos
Plomo	Pb	mg/l	<0.5	<0.4	Todos
Vanadio	V	mg/l	<1	<0.8	Todos
Nitrógeno global (incluye N orgánico, amoniacal y óxidos) ³⁾	NH ₄ -N	mg/l	<20	<15	Todos
Fenoles ³⁾		mg/l	<0.15	<0.10	Todos

Fuente: Modificado de RAOHE, Anexo 2, Tabla No. 4.

TABLA VIII. Límites permisibles para el monitoreo ambiental permanente de aguas y descargas líquidas en la exploración, producción, industrialización, transporte, almacenamiento y comercialización de hidrocarburos y sus derivados, inclusive lavado y mantenimiento de tanques y vehículos.

4.b) Límites permisibles en el punto de control en el cuerpo receptor (inmisión).

b) Inmisión (punto de control en el cuerpo receptor)					
Parámetro	Expresado en	Unidad	Valor límite permisible	Promedio anual	Destino de descarga
Temperatura		°C	+3°C		General
Potencial de hidrógeno	pH	---	6.0pH<8.0	6.0pH<8.0	General
Conductividad eléctrica	CE	µS/cm	<170	<120	Continente
Hidrocarburos totales	TPH	mg/l	<0.5	<0.3	General
Demanda Química de Oxígeno	DBO	mg/l	<30	<20	General
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's)	C	mg/l	<0.0003	<0.0002	General

Fuente: Modificado de RAOHE, Anexo 2, Tabla No. 4.

TABLA IX. Resultados análisis N° 1 Hidrocarburos Totales de Petróleo.

Rotulación Muestra	Después Propicia 1	Durante Propicia 4	Antes Puente	Método Adaptado de Referencia
Fecha de Muestreo:	05-oct-13	05-oct-13	05-oct-13	
No. Reporte Laboratorio de análisis de aguas	1310138-AG001	1310138-AG002	1310138-AG003	
Parámetros Orgánicos:				
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C8-C40) mg/L ^(1,3)	<0.5	<0.5	<0.5	EPA 8515 D

Fuente: Análisis de Hidrocarburos Totales de Petróleo del Laboratorio Grüentec.

TABLA X. Resultados análisis N° 2 Hidrocarburos Totales de Petróleo.

Rotulación Muestra	Después Propicia 1	Durante Propicia 4	Antes Puente	Método Adaptado de Referencia
Fecha de Muestreo:	20-nov-13	20-nov-13	20-nov-13	
No. Reporte Laboratorio de análisis de aguas	1311230-AG001	1311230-AG002	1311230-AG003	
Parámetros Orgánicos:				
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C8-C40) mg/L ^(1,3)	<0.3	<0.3	<0.3	EPA 8015 D

Fuente: Análisis de Hidrocarburos Totales de Petróleo del Laboratorio Grüentec.

TABLA XI. Resultados análisis N° 3 Hidrocarburos Totales de Petróleo.

Rotulación Muestra	Después Propicia 1	Antes Puente	Durante Propicia 4	Método Adaptado de Referencia
Fecha de Muestreo:	14-ene-14	14-ene-14	14-ene-14	
No. Reporte Laboratorio de análisis de aguas	1401116-AG001	1401116-AG002	1401116-AG003	
Parámetros Orgánicos:				
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C8-C40) mg/L ^(1,3)	<0.3	<0.3	<0.3	EPA 8015 D

Fuente: Análisis de Hidrocarburos Totales de Petróleo del Laboratorio Grüentec.

TABLA XII. Resultados análisis N  1 Coliformes fecales.

Rotulación Muestra:	Punto 1 Antes Puente	Punto 2 Durante Propicia 4	Punto 3 Después Propicia 1	Método Adaptado de Referencia
Fecha de Muestreo:	27-Sep-13	27-Sep-13	27-Sep-13	
No. Reporte Laboratorio de análisis de aguas	1309290-AG001	1309290-AG002	1309290-AG003	
Parámetros Microbiológicos:				
Coliformes Fecales NMP/100 mL ^(1,3)	>110000	46000	15000	SM 9223 A,B

Fuente: Análisis de Coliformes fecales del Laboratorio Grüentec.

TABLA XIII. Resultados análisis N  2 Coliformes fecales.

Rotulación Muestra:	Punto 3 Después Propicia 1	Punto 2 Durante Propicia 4	Punto 1 Antes Puente	Método Adaptado de Referencia
Fecha de Muestreo:	23-Oct-13	23-Oct-13	23-Oct-13	
No. Reporte Laboratorio de análisis de aguas	1310231-AG001	1310231-AG002	1310231-AG003	
Parámetros Microbiológicos:				
Coliformes Fecales NMP/100 mL ^(1,3)	110000	110000	2400	SM 9223 A,B

Fuente: Análisis de Coliformes fecales del Laboratorio Grüentec.

Tabla XIV. Resultados análisis N° 3 Coliformes fecales.

Rotulación Muestra:	Punto 3 Después Propicia 1	Punto 2 Durante Propicia 4	Punto 1 Antes Puente	Método Adaptado de Referencia
Fecha de Muestreo:	20-nov-13	20-nov-13	20-nov-13	
No. Reporte Laboratorio de análisis de aguas	1311230- AG001	1311230- AG002	1311230- AG003	
Parámetros Microbiológicos:				
Coliformes Fecales NMP/100 mL ^(1,3)	>110000	110000	4600	SM 9223 A,B

Fuente: Análisis de Coliformes fecales del Laboratorio Grüentec.

RESUMEN

Este estudio tuvo como objeto determinar la calidad del agua del Río Teaone a su paso por el sector industrial de Esmeraldas (REE, Termoeléctrica). Para ello, se efectuaron análisis físico-químicos y microbiológicos en tres puntos ubicados "antes" (sector Puente - "Jardines de la Paz"), "durante" (sector "Propicia 4") y "después" (sector "Propicia 1") de su paso por este sector. Se utilizó a los macroinvertebrados hallados en la recolección como bioindicadores de calidad del agua a través del muestreo, identificación y análisis de los mismos y se determinó el uso que pobladores locales hacen del río y su posible riesgo para la salud.

Los parámetros físico-químicos analizados no se mostraron significativamente afectados por la influencia de las descargas esto se logró determinar a través del análisis estadístico realizado. Sin embargo en cuanto a los resultados microbiológicos, la presencia de coliformes fecales es excesivamente elevada en comparación al nivel permisible establecido en la normativa ambiental nacional.

Encontrándose la mayor cantidad de coliformes fecales en la desembocadura del río Teaone, a la altura del río Esmeraldas. En otro ámbito los bioindicadores mostraron la presencia de una gran cantidad de macroinvertebrados pertenecientes a la familia *Chironomidae*, lo que indica la disminución o falta de oxígeno en el agua en zonas determinadas, como es el sector de la "Propicia 4". Por otro lado los resultados de los análisis en campo revelaron la posible influencia de agua marina, condicionando así la distribución de los órdenes plecópteros, efemerópteros y tricópteros (grupo EPT) por lo que en algunos sectores la presencia de estos macroinvertebrados llega a ser escasa o nula.

TITLE

State of the quality of the water of the River Teaone (downstream) between the thermoelectric and the mouth of the River Esmeraldas, sector of the "Propicia 1"

ABSTRACT

This study aimed to determine water quality Teaone River as it passes through the industrial sector of Esmeraldas (REE, Thermoelectric). To do this, physico-chemical and microbiological analyzes were performed on three points located before, during and after its passage through this sector. We used to macroinvertebrates found in the collection as bioindicators of water quality through sampling, identification and analysis of them and use local people make the river and its potential vulnerability or risk to health is determined.

The physicochemical parameters analyzed showed no significantly affected by the influence of downloads. However in terms of microbiological results, the presence of fecal coliform is too high compared to the allowable level specified in the national environmental legislation.

Finding the greatest amount of fecal coliform in the river mouth Teaone, at the height of Esmeraldas River. In another area biomarkers showed the presence of a large amount of macroinvertebrates Chironominae, indicating a decrease or lack of oxygen in water in certain areas, such as conducive 4" sector. On the other hand the results of field analysis revealed the possible influence of seawater, so that in some sectors the presence of macroinvertebrates becomes scarce or nonexistent.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) para Ecuador es hacer llegar agua potable a las zonas rurales del país (PNUD, 2010). Según el último censo poblacional, en el Ecuador casi un 30% de la población no tiene acceso a agua potable de la red pública (INEC, 2010). En la Provincia de Esmeraldas todavía un 27% del área urbana carece de agua potable, utilizando el agua de lluvia, tanqueros, pozos o bien ríos o acequias (GAD, 2011). Lo cual se ve agravado si se tiene en cuenta que en un 5% de los casos el agua utilizada no es adecuada para su consumo (PNUD, 2010).

La contaminación del recurso hídrico constituye en la actualidad un problema, sobre todo si es fuente de consumo y uso humano. Los ríos sustentan el desarrollo de numerosas actividades industriales sin tener en cuenta el impacto que estas generan en la estabilidad de los ecosistemas acuáticos. De esta manera, el aprovechamiento industrial no regulado es causa de numerosos problemas ambientales en estos ecosistemas como son la contaminación, la disminución de caudales base o pérdida de diversidad biológica entre otros (Jacobsen, 1998; Baron, 2002). El conocimiento científico de la causa del deterioro de los cuerpos de agua conlleva la necesidad de resolver los problemas asociados, lo que involucra acciones individuales y desde las instituciones, las que a su vez dependen de la correcta divulgación de los resultados de investigaciones en temática ambiental y la capacitación de los actores involucrados en dichos temas (Giannuzzo, 2010).

En el cantón de Esmeraldas, a lo largo del río Teaone, son numerosos los núcleos poblados que se abastecen del agua de su cauce para el consumo diario. Sin embargo, históricamente ha constituido un importante foco de contaminación debido a las acciones del hombre, puesto que a lo largo de su cauce se han producido impactos de diferente naturaleza, como derrames de petróleo, combustibles y descargas de aguas negras y aguas residuales industriales (López, 2011). A pesar de la importancia que posee este sistema y al grado de deterioro que presenta, son escasos los estudios realizados sobre la calidad de sus aguas. Por lo cual el presente trabajo busca determinar el estado de la calidad del agua del mismo

entre los tramos que comprenden su paso por la Termoeléctrica y la desembocadura del río Esmeraldas (ver Plano I pag.18).

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las prácticas inadecuadas de actividades productivas, como la producción industrial, agrícola, ganadera, entre otros, y el incremento de la población humana generan impactos negativos en el lugar y en el entorno donde se emplazan. Lo mismo sucede con la eliminación de los desechos que el hombre produce; estos agentes contaminantes son depositados en el aire, suelo y agua (ríos), alterando las condiciones normales de los mismos (Millones, 2003).

El río Teaone, afluente del río Esmeraldas, ha recibido durante años la descarga de derivados del petróleo, aguas alteradas producto del funcionamiento de termoeléctricas y desechos generados por los asentamientos humanos en sus riberas. Actualmente no se conoce el estado del río, aunque son muchos los ciudadanos que lo utilizan como fuente de abastecimiento de agua. Es por ello, que se requiere de la realización de diagnósticos y evaluaciones que determinen su estado actual y el funcionamiento ecológico del ecosistema fluvial, para que a partir de ahí se realicen propuestas para mitigar, restaurar o reducir los impactos que se generan en este cuerpo de agua.

En función de lo expuesto, el presente estudio plantea determinar la calidad del agua del Río Teaone en su paso por el principal foco industrial de la ciudad y su influencia dentro del contexto de la población que habita alrededor del área de estudio.

1.2. MARCO DE REFERENCIA

1.2.1. Bases teóricas científicas

El agua es un recurso natural que se encuentra en peligro debido a la actividad antrópica. Por ejemplo toda el agua procedente de las lluvias, antes de llegar al suelo recibe una primera carga contaminante, al disolver sustancias como anhídrido carbónico, óxido de azufre y de nitrógeno que la convierten en lluvia ácida. Una vez en el suelo, el agua discurre por la superficie o se filtra hacia capas subterráneas, recibiendo también en este nuevo medio agentes contaminantes. Al atravesar zonas agrícolas el agua se carga de pesticidas y productos químicos. En las zonas urbanizadas arrastra productos como naftas, aceites de auto, metales pesados, etc. (Lans, Marrugo y Díaz, 2012).

Como consecuencia de la contaminación que generan ciertas actividades como la industria, la ganadería, la agricultura y las propias actividades domésticas, muchos de los desechos generados son vertidos a los cuerpos de agua, y entre los problemas que esto produce se encuentran: la afectación a los espacios de recreación, la disminución en la producción de materia prima alimenticia, entre otras actividades y servicios que prestan. Esta situación es preocupante puesto que el agua es un recurso no renovable.

Principales fuentes contaminantes

La contaminación por hidrocarburos en los cuerpos de agua es uno de los graves problemas que ha generado el hombre (InspirAction, 2009). El petróleo posee propiedades perjudiciales para el entorno natural; su toxicidad es perjudicial para los animales y las plantas. Al ser soluble, se disuelve fácilmente en el agua, y es carcinógeno por la presencia de hidrocarburos aromáticos (ATSDR, 1995).

- 1) Debido a que los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) se transforman en el cuerpo humano en sustancias químicas que pueden adherirse a otras sustancias y ocasionar alteraciones en los tejidos o en la sangre (ATSDR, 1995). Según la Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo (2012) aquellos hidrocarburos aromáticos poseen propiedades especiales asociadas con el núcleo o anillo del benceno, en el cual hay seis grupos de carbono-hidrógeno unidos a

cada uno de los vértices de un hexágono, catalogados como uno de los más potentes contaminantes químicos.

- 2) El uso de agua en zonas industriales supone uno de los grandes impactos a la conservación de los cuerpos de agua, como los residuos industriales, petróleo o aceites.

Las centrales termoeléctricas, usan el agua para enfriamiento lo que constituye una fuente de descarga considerable de contaminación para los ríos o lagos. El agua que se utiliza para el proceso de enfriamiento puede ser reciclada o devuelta al cauce, sin causar efectos mayores en cuanto a su calidad química. Sin embargo, debe considerarse el efecto del calor residual sobre la temperatura del agua, ya que un mínimo aumento en la temperatura del agua puede alterar las condiciones de la flora y fauna (Peñañiel, 2012).

- 3) Otro contaminante producto de la actividad humana que afecta la calidad del agua de un río es el vertido de las aguas servidas. La mayor parte de los centros urbanos vierten directamente los desagües (aguas negras o servidas) a los ríos, a los lagos y al mar (Brack y Mendiola, 2011). Este problema es generalizado y afecta a muchos efluentes. Los drenajes contienen desechos como excrementos, detergentes y otras sustancias que son tóxicas para plantas y animales acuáticos. Al verter estos drenajes sin un previo tratamiento, se dispersan agentes productores de enfermedades (bacterias, virus, hongos, huevos de parásitos, amebas, productos químicos, etc.) (Palacios, 2014).

- 4) Las descargas de bajo volumen causadas por los accidentes o derrames, como son combinaciones de metales y otros químicos en estos efluentes. En las plantas industriales a petróleo los derrames de combustible tienen un impacto negativo sobre la calidad del agua. (Galicía, 2009). Por otro lado están los desechos que se eliminan del proceso de una refinería de petróleo, cuyos contaminantes químicos causan graves alteraciones al agua, algunos ejemplos de ellos son los aceites y grasas, compuestos fenólicos, amoníaco, sulfuros, ácidos orgánicos, cromo, entre otros metales. (Espinoza, 2003).

- 5) Otros desechos que se descargan en los ríos son las aguas servidas o aguas residuales. Estas presentan numerosos organismos patógenos como las bacterias coliformes fecales. Según Jobs (2009) son un conjunto de microorganismos que se encuentran generalmente en el suelo, aguas sobre la superficie y en las plantas. También se las encuentra en los intestinos de animales y humanos. Su presencia indica que un cuerpo de agua está contaminado con excremento o desechos de alcantarillas, y tiene el potencial de generar enfermedades en humanos.
- 6) Por otro lado, tenemos el uso doméstico que la población da al curso de agua, como es el lavado de prendas con el uso de detergentes. Según Bagai (2013) una de las principales fuentes de contaminantes químicos son los detergentes cotidianos. Los contaminantes específicos que conducen a la contaminación del agua incluyen una amplia gama de productos químicos (como el cloro), así como una gran cantidad de microbios. Varios productos químicos que se utilizan en la vida cotidiana son elementos nocivos y compuestos de magnesio o calcio que afectan al agua. Los detergentes pueden ser cancerígenos y pueden contener ingredientes no biodegradables, por lo que deben ser eliminados del agua.
- 7) Los desechos sólidos producidos son vertidos a los cuerpos de agua. El ciclo natural del agua tiene una capacidad de purificación. Pero esta misma facilidad, y su aparente abundancia, hacen que sea el vertedero habitual en el que se arrojan los residuos producidos por la misma actividad antrópica (Irnitano, 2013).

Entonces se puede decir que las distintas actividades tecnológicas, industriales, domésticas, entre otras, que se realizan en zonas cercanas a los cuerpos de agua, o directamente en ellos, producen una serie de alteraciones en su composición, estado, forma. Sin embargo los ríos también muestran cierta capacidad de liberarse de los contaminantes, para lo cual necesitan tener un tramo muy largo para que las bacterias puedan realizar su trabajo depurador (Díaz, 2012).

Propiedades e indicadores de la calidad del agua

Dadas las propiedades físico-químicas del agua, esta se comporta como un magnífico disolvente tanto de compuestos orgánicos como inorgánicos, ya sean de naturaleza polar o apolar, de forma que se puede encontrar disueltas en ella una gran cantidad de sustancias sólidas, líquidas y gaseosas diferentes que modifican sus propiedades; a su comportamiento como disolvente hay que añadir su capacidad para que se desarrolle vida, lo que la convierte en un sistema complejo sobre el que habrá que realizar análisis tanto cualitativos como cuantitativos con objeto de conocer el tipo y grado de alteración que ha sufrido.

Puesto que la alteración de la calidad del agua puede venir provocada tanto por efectos naturales como por la actuación humana derivada de la actividad industrial, agropecuaria, doméstica o de cualquier otra índole, no es de extrañar que el análisis de los parámetros de calidad del agua se deba realizar a todo tipo de aguas, independientemente de su origen.

Al hablar de calidad de aguas sean para su vertido, tratamiento de depuración, potabilización, es imprescindible determinar una serie de parámetros físico-químicos mediante métodos normalizados, con objeto de conocer si el valor de estos parámetros se enmarcan dentro de lo establecido en la legislación ambiental (Aznar, 2000). Dentro de los principales parámetros que se deben monitorear para observar la calidad del agua encontramos:

a) Turbidez

Los sólidos sedimentables son causantes de turbidez debido a que producen dispersión de la luz que atraviesa la muestra de agua. La turbidez es una medida importante en aguas potables, pues las pequeñas partículas coloidales, pueden portar gérmenes patógenos.

En cursos naturales de agua, la turbidez produce una falta de penetración de la luz natural y por tanto modifica la flora y fauna subacuática. Afecta a los procesos de fotosíntesis (limita el paso de la luz solar), respiración y la reproducción de la vida acuática. También, ocasiona que las partículas suspendidas absorban calor de la luz del sol, haciendo que las aguas turbias se vuelvan más calientes; reduciendo la

concentración de oxígeno en el agua. Uno de los impactos más importantes que produce la turbidez es la sedimentación. Esta se forma por la sedimentación de partículas en el fondo de los cuerpos de agua y que disminuyen la capacidad de retención de agua de quebradas, ríos y lagos.

Según la Organización Mundial para la Salud (OMS), la turbidez del agua para consumo humano no debe ser más de 5 NTU, y su valor ideal debe ser de 1 NTU (González, 2011, p.2-10).

b) Temperatura del agua

La temperatura del agua tiene una gran importancia en el desarrollo de los diversos procesos que en ella se realizan, de forma que un aumento de la temperatura modifica la solubilidad de las sustancias, aumentando la de los sólidos disueltos y disminuyendo la de los gases. La actividad biológica aproximadamente se duplica cada diez grados (ley del Q10), aunque superado un cierto valor característico de cada especie viva, tiene efectos letales para los organismos (Moreno, 2011).

Un aumento anormal (por causas no climáticas) de la temperatura del agua, suele tener su origen en el vertido de aguas utilizadas en procesos industriales de intercambio de calor. La temperatura se determina mediante termometría realizada “*in situ*” (en el sitio). En cuanto a la medida de la temperatura para las corrientes de aguas tropicales no debe superar los 35 ° C (Gómez, 2012). Un proceso de alteración en la temperatura del agua influye en la presencia de oxígeno disuelto, el desarrollo de procesos fotosintéticos, el metabolismo de los organismos y su sensibilidad a agentes externos como enfermedades o agentes tóxicos, y a su ciclo de vida, entre otros.

c) Oxígeno Disuelto

El oxígeno disuelto es un parámetro indicativo de la calidad de un cuerpo de agua, se determina *in situ*, expresándose como mg/L de oxígeno disuelto en la muestra de agua. El valor máximo de OD es un parámetro muy relacionado con la temperatura del agua y disminuye con ella. La concentración máxima de OD en el intervalo normal de temperaturas es de aproximadamente 9 mg/L, considerándose que cuando la concentración baja de 4 mg/L, el agua no es apta para desarrollar vida en su seno.

La diversidad de los organismos es mucho mayor a altas concentraciones de oxígeno disuelto.

El oxígeno gaseoso se disuelve en el agua por diversos procesos como la difusión entre la atmósfera y el agua, oxigenación por el flujo del agua sobre las rocas y otros detritos, la agitación del agua por las olas y el viento y la fotosíntesis de plantas acuáticas. Hay muchos factores que afectan la concentración del oxígeno disuelto en un ambiente acuático, entre los que se encuentran: temperatura, flujo de la corriente, presión del aire, plantas acuáticas, materia orgánica en descomposición y actividad humana (González, 2011). La temperatura es un factor importante en la capacidad del oxígeno para disolverse, ya que el oxígeno, al igual que todos los gases, tiene diferentes solubilidades a distintas temperaturas. Las aguas más frías tienen mayor oxígeno disuelto que aguas más cálidas. La actividad humana, como la remoción del follaje a lo largo de una corriente o la liberación de agua caliente empleada en procesos industriales, puede causar un aumento de la temperatura del agua a lo largo de un estrechamiento dado de la corriente del curso de agua. Esto resulta en una menor capacidad de la corriente para disolver oxígeno (Montalvo, 2011).

d) Conductividad eléctrica

Es la medición de la habilidad del agua para transportar corriente eléctrica. Que depende en gran medida de la cantidad de materia sólida disuelta en ella. El agua pura, como el agua destilada, puede tener muy poca conductividad y en contraste, el agua de mar tendrá una conductividad mayor. El agua de lluvia frecuentemente disuelve los gases y el polvo que se encuentran en el aire y por lo tanto, tiene una conductividad mayor que el agua destilada. La conductividad específica es una medida importante de la calidad del agua, ya que indica la cantidad de materia disuelta en la misma. Se expresa en microsiemens cm^{-1} ($\mu\text{S cm}^{-1}$) (Swanson y Baldwin, 2014).

La conductividad en los cuerpos de agua dulce, se encuentra primariamente determinada por la geología del área a través de la cual fluye el agua. Por ejemplo, aguas que corren en sustrato graníticos tienden a tener menor conductividad, ya que ese sustrato está compuesto por materiales que no se ionizan. Descargas de aguas

residuales suelen aumentar la conductividad debido al aumento de la concentración de Cl^- , NO_3^- y SO_4^{2-} , u otros iones (Goyenola, 2007).

e) pH

La calidad del agua y el pH son a menudo mencionados en la misma frase. El pH es un factor muy importante porque determinados procesos químicos pueden tener lugar a un determinado pH. El pH es un indicador de la acidez de una sustancia. Está determinado por el número de iones libres de hidrógeno (H^+). El resultado de una medición de pH viene determinado por una consideración entre el número de protones (iones H^+) y el número de iones hidroxilo (OH^-). Cuando el número de protones iguala al número de iones hidroxilo, el agua es neutra. Tendrá entonces un pH alrededor de 7. El pH de cualquier sustancia puede variar entre 0 y 14. Cuando el pH de una sustancia es mayor de 7, es una sustancia básica, está por debajo de 7, es una sustancia ácida. (Velázquez, 2013).

Los puntos críticos para mortandad de peces están en el rango aproximado de $\text{pH} \leq 4$ ó $\text{pH} \geq 11$.

El crecimiento y reproducción para ciertos peces pueden ser afectadas entre pH 4 a 6, y 9 a 10. El pH afecta la toxicidad del amoníaco y los nitritos (Gómez, 2009).

El nivel de pH tiene un efecto en el proceso de tratamiento de las aguas, dando lugar a la formación de costras en las fuentes de agua. El nivel de pH se puede determinar con varios métodos de análisis, tales como indicadores del color (pH-papel) o pH-metros (Guerrero, n.d.).

El pH del agua se debe sobre todo al equilibrio carbónico y la actividad vital de los microorganismos acuáticos. Respecto a lo primero la secuencia de equilibrios de disolución de CO_2 en el agua, y la subsiguiente disolución de carbonatos e insolubilización de bicarbonatos, alteran drásticamente el pH de cualquier agua. Varios detergentes para lavavajillas automáticos tienen bicarbonato de sodio como ingrediente activo. Una variedad de detergentes para ropa contienen bicarbonato de sodio para eliminar los olores, manchas y dar brillo a los blancos. Los protectores de color también contienen este ingrediente para quitar las manchas difíciles y olores, la composición de dichos productos los vuelve altamente tóxicos (Hodge, 2010).

Mantener un pH balanceado en el agua es crítico para la vida acuática debido a que los peces y otros organismos dependen de la alta calidad del agua con la cantidad justa de oxígeno disuelto y sus nutrientes. Un alto o bajo pH puede romper el balance de los químicos del agua y movilizar a los contaminantes, causando condiciones tóxicas. Los organismos acuáticos pueden experimentar problemas haciendo que las poblaciones declinen. Por esa razón, generalmente los científicos de la calidad del agua, la analizan para determinar la salud de los arroyos, los lagos, los ríos y el agua del suelo (Rizzardo, 2012). Los niveles altos o bajos de pH también pueden originar otros problemas para la calidad del agua.

El agua con un nivel bajo de pH aumenta la solubilidad de nutrientes tales como fosfatos y nitratos. Esto hace que haya más nutrientes de este tipo a disposición de las plantas acuáticas y las algas, lo que puede promover una proliferación dañina conocida como “brotes de algas”. Cuando estos brotes de algas mueren, aumenta el número de bacterias en respuesta a la mayor oferta de alimentos. A su vez, estas bacterias consumen más oxígeno disuelto del agua, lo que con frecuencia genera problemas o mortandad en los peces y los macro invertebrados acuáticos.

El agua con bajo nivel de pH puede también corroer las cañerías de los sistemas de distribución de agua potable y liberar plomo, cadmio, cobre, zinc y estaño hacia el agua potable. Las plantas de tratamiento del agua monitorean con atención el pH del agua (Blesa, 2011).

Bioindicadores de la calidad del agua

Uno de los métodos utilizados para determinar la calidad del agua de un río es el muestreo de macroinvertebrados. Según (Carrera y Fierro, 2001) los macroinvertebrados son pequeños animales que proporcionan excelentes señales sobre la calidad del agua y al usarlos en el monitoreo se puede comprender el estado en que ésta se encuentra. Existe mucha variabilidad y su uso va a depender del estudio que se quiera realizar. Por ejemplo, algunos de ellos requieren agua de buena calidad para sobrevivir, otros en cambio crecen y abundan cuando hay contaminación. Por ejemplo, las moscas de piedra (orden *plecóptero*) sólo viven en agua muy limpia y desaparecen cuando el agua está contaminada. No sucede así con algunas larvas o gusanos de otras moscas que resisten la contaminación y abundan en agua sucia, como es la mosca de letrina (Familia *Muscidae*).

Los científicos han clasificado a cada macroinvertebrado con un número que indica su sensibilidad a los contaminantes. Estos números van del 1 al 10. El 1 indica al menos sensible, y así gradualmente, hasta el 10, que señala al más sensible (Carrera, y Fierro, 2001). De acuerdo con esta sensibilidad se clasifican en cinco grupos:

No aceptan contaminantes	Muy buena 9-10
Aceptan muy pocos contaminantes	Buena 7-8
Aceptan pocos contaminantes	Regular 5-6
Aceptan mayor cantidad de contaminantes	Mala 3-4
Aceptan muchos contaminantes	Muy mala 1-2

Por ejemplo, las lombrices de agua tienen una sensibilidad de 1, porque se encuentran por miles en ríos de aguas negras. Los caballos del diablo (suborden *zígópteros*), en cambio, tienen una sensibilidad de 10, porque sólo se encuentran en aguas muy limpias y cristalinas (Carrera, y Fierro, 2001).

En este sentido, los macroinvertebrados se convierten en un bioindicador. Un bioindicador es un organismo o un conjunto de organismos, que tienen la propiedad de responder a la variación de un determinado factor abiótico o biótico del ecosistema, de tal manera que esta respuesta quede reflejada en el cambio de valor en una o más *variables* de cualquier nivel de dicho organismo; estas variables, características o cambios, pueden llamarse también bioindicadores (*variables bioindicadoras*) (Baltanás, 2009).

El uso de especies para detectar procesos y factores en los ecosistemas acuáticos tiene ventajas tales como:

- Las poblaciones de animales y plantas acumulan información que los análisis físico-químicos no detectan, es decir, las especies y comunidades bióticas responden a efectos acumuladores intermitentes que en determinado momento un muestreo de variables químicas o físicas pasan por alto.

- La vigilancia biológica evita la determinación regular de un número excesivo de parámetros químicos y físicos, ya que en los organismos se sintetizan o confluyen muchas de estas variables.
- Los indicadores biológicos permiten detectar la aparición de elementos contaminantes nuevos o insospechados.
- Puesto que muchas sustancias se acumulan en el cuerpo de ciertos organismos, su concentración en esos indicadores puede reflejar el nivel de contaminación ambiental.
- Como no es posible tomar muestras de toda la biota acuática, la selección de algunas pocas especies indicadoras simplifica y reduce los costos de la valoración sobre el estado del ecosistema, a la vez que se obtiene solo la información pertinente, desechando un cúmulo de datos difícil de manejar e interpretar.

Los macroinvertebrados comprenden a los animales que en sus últimos estadios larvarios alcanzan un tamaño igual o mayor a 1mm. Pertenecen a los siguientes taxos: insecta, mollusca, oligochaeta, hirudinae y crustácea principalmente. Algunos se desarrollan toda su vida en el medio acuático (oligochaeta y mollusca), otros, por el contrario, tienen una fase de su ciclo aéreo. Cualquier tipo de substrato puede constituirse en hábitat adecuado para estos organismos incluyendo grava, piedra, arena, fango, detritus, plantas vasculares, algas filamentosas, troncos, etc. A consecuencia de su enorme diversidad, es probable que algunos de ellos respondan a cualquier tipo de contaminación. (Herbas, Rivero, y Gonzales 2006).

1.2.2. Objetivos

Como propósito general de este estudio se busca determinar el estado de la calidad del agua del Río Teaone a su paso por la termoeléctrica. Para el cumplimiento de este objetivo, se establecieron objetivos específicos que buscan determinar el estado de la calidad del agua a partir de análisis físico-químicos y microbiológicos, así mismo determinar la presencia de bioindicadores para conocer la calidad del agua, de igual forma analizar la relación entre la calidad del agua del río y la presencia de la termoeléctrica y por último determinar la vulnerabilidad de la población local según el uso que dan al agua del río.

Esto con la finalidad de proporcionar una base de información sobre el estado en que se encuentra este curso de agua en la actualidad en cuanto a parámetros físico-químicos y biológicos.

1.2.3. Marco legal y Planificación Nacional

El Plan Nacional para el Buen Vivir 2009 – 2013, en su objetivo cuatro promueve garantizar los derechos de la naturaleza, promover un ambiente sano y sustentable, es necesario que los diversos actores privados, sociales, comunitarios así como la población en general deben cuidar y proteger la naturaleza, por lo que se tiene una gran responsabilidad de tratar el agua y la biodiversidad como patrimonios estratégicos (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo SENPLADES, 2009).

El artículo 411 de la Constitución del Ecuador (2008) menciona que el Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, de la misma manera regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua y el equilibrio de los ecosistemas. De igual forma, en la Ley de Aguas en el Título II de la conservación y contaminación de las aguas capítulo II art. 22 establece la prohibición de la contaminación de las aguas que afecte a la salud humana o al desarrollo de la flora y fauna.

El Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, Libro VI Anexo I: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua; la cual se encuentra dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y que rige en todo el territorio nacional; se establece:

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

Esta norma tiene como objetivos la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en lo relativo al recurso agua, así como proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general. Además las acciones tendientes a preservar, conservar o recuperar la calidad del recurso agua deberán realizarse en los términos de la presente Norma.

El numeral 4.1.9, Criterios de calidad para aguas de uso industrial dice que se deberán observar los diferentes requisitos de calidad correspondientes a los respectivos procesos, aplicando el criterio de tecnología limpia que permitirá la reducción o eliminación de los residuos (que pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos).

De acuerdo a las Normas de descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor: Agua dulce y agua marina, en los siguientes numerales se menciona:

4.2.3.3 Los regulados que exploren, exploten, refinen, transformen, procesen, transporten o almacenen hidrocarburos o sustancias peligrosas susceptibles de contaminar cuerpos de agua deberán contar y aplicar un plan de contingencia para la prevención y control de derrames, el cual deberá ser aprobado y verificado por la Entidad Ambiental de Control.

4.2.3.4 Las normas locales para descargas serán fijadas considerando los criterios de calidad establecidos para el uso o los usos asignados a las aguas. Las normas guardarán siempre concordancia con la norma técnica nacional vigente, pudiendo ser únicamente igual o más restrictiva y deberán contar con los estudios técnicos y económicos que lo justifiquen.

En los tramos del cuerpo de agua en donde se asignen usos múltiples, las normas para descargas se establecerán considerando los valores más restrictivos de cada uno de los parámetros fijados para cada uno.

Todo tipo de descarga que se efectuó hacia un cuerpo de agua dulce, deberá estar dentro de los valores establecidos en la legislación ambiental.

Por otro lado también se hace referencia a los:

4.1.2 Criterios de calidad de aguas para la preservación de flora y fauna en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios Se entiende por uso del agua para preservación de flora y fauna, su empleo en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas asociados, sin causar alteraciones en ellos, o para actividades que permitan la reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies bioacuáticas en cualquiera de sus formas, tal como en los casos de pesca y acuicultura además de mantener en equilibrio los ecosistemas acuáticos en relación con las actividades antrópicas.

Así como:

4.1. Criterios de calidad para aguas de consumo humano y uso doméstico

4.1.1.1 Se entiende por agua para consumo humano y uso doméstico aquella que se emplea en actividades como:

- a) Bebida y preparación de alimentos para consumo,
- b) Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios,
- c) Fabricación o procesamiento de alimentos en general.

4.1.1.2 Esta Norma se aplica durante la captación de la misma y se refiere a las aguas para consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieran de tratamiento convencional, deberán cumplir con los siguientes criterios (ver tabla v).

Al control de descargas a un cuerpo de agua se le puede sumar el Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (RAOHE) en el cual se establece en el ART. 29 la siguiente normativa:

ART. 29.– Manejo y tratamiento de descargas líquidas.– Toda instalación, incluyendo centros de distribución, sean nuevos o remodelados, así como las plataformas off-shore, deberán contar con un sistema convenientemente segregado de drenaje, de forma que se realice un tratamiento específico por separado de aguas lluvias y de escorrentías, aguas grises y negras y efluentes residuales para garantizar su adecuada disposición. Deberán disponer de separadores agua-aceite o separadores API ubicados estratégicamente y piscinas de recolección, para contener y tratar cualquier derrame así como para tratar las aguas contaminadas que salen de los servicios de lavado, lubricación y cambio de aceites, y evitar la contaminación del ambiente. En las plataformas off-shore, el sistema de drenaje de cubierta contará en cada piso con válvulas que permitirán controlar eventuales derrames en la cubierta y evitar que estos

se descarguen al ambiente. Se deberá dar mantenimiento permanente a los canales de drenaje y separadores.

a) Desechos líquidos industriales, aguas de producción, descargas líquidas y aguas de formación.- Toda estación de producción y demás instalaciones industriales dispondrán de un sistema de tratamiento de fluidos resultantes de los procesos.

No se descargará el agua de formación a cuerpos de agua mientras no cumpla con los límites permisibles constantes en la Tabla No. 4 del Anexo 2 de este Reglamento;

b) Disposición.- Todo efluente líquido, proveniente de las diferentes fases de operación, que deba ser descargado al entorno, deberá cumplir antes de la descarga con los límites permisibles establecidos en la Tabla No. 4 del Anexo 2 de este Reglamento.

Los desechos líquidos, las aguas de producción y las aguas de formación deberán ser tratadas y podrán ser inyectadas y dispuestas, conforme lo establecido en el literal c) de este mismo artículo, siempre que se cuente con el estudio de la formación receptora aprobado por la Dirección Nacional de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas en coordinación con la Subsecretaría de Protección Ambiental del mismo Ministerio.

Si estos fluidos se dispusieren en otra forma que no sea a cuerpos de agua ni mediante inyección, en el Plan de Manejo Ambiental se establecerán los métodos, alternativas y técnicas que se utilizarán para su disposición con indicación de su justificación técnica y ambiental; los parámetros a cumplir serán los aprobados en el Plan de Manejo Ambiental;

c) Reinyección de aguas y desechos líquidos.- Cualquier empresa para disponer de desechos líquidos por medio de inyección en una formación porosa tradicionalmente no productora de petróleo, gas o recursos geotérmicos, deberá contar con el estudio aprobado por la Subsecretaría de Protección Ambiental del Ministerio de Energía y Minas que identifique la formación receptora y demuestre técnicamente:

c.1) que la formación receptora está separada de formaciones de agua dulce por estratos impermeables que brindarán adecuada protección a estas formaciones;

c.2) que el uso de tal formación no pondrá en peligro capas de agua dulce en el área;

c.3) que las formaciones a ser usadas para la disposición no contienen agua dulce; y,

c.4) que la formación seleccionada no es fuente de agua dulce para consumo humano ni riego, esto es que contenga sólidos totales disueltos mayor a 5,000 (cinco mil) ppm. El indicado estudio deberá incorporarse al respectivo Plan de Manejo Ambiental;

d) Manejo de desechos líquidos costa afuera o en áreas de transición.- Toda plataforma costa afuera y en áreas de transición, dispondrá de una capacidad adecuada de tanquería, en la que se receptorán los fluidos provenientes de la perforación y/o producción, para que sean eliminados sus componentes tóxicos y contaminantes previa su descarga, para la cual tiene que cumplir con los límites dispuestos en la Tabla No. 4 del Anexo 2 del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador.

En operaciones costa afuera, se prohíbe la descarga de lodos de perforación en base de aceite, los mismos que deberán ser tratados y dispuestos en tierra. En las plataformas off-shore se instalarán circuitos cerrados para el tratamiento de todos los desechos líquidos; y,

e) Aguas negras y grises.- Todas las aguas servidas (negras) y grises producidas en las instalaciones y durante todas las fases de las operaciones hidrocarburíferas, deberán ser tratadas antes de su descarga a cuerpos de agua, de acuerdo a los parámetros y límites constantes en la Tabla No. 5 del Anexo 2 de este Reglamento.

En los casos en que dichas descargas de aguas negras sean consideradas como útiles para complementar los procesos de tratamiento de aguas industriales residuales, se especificará técnicamente su aplicación en el Plan de Manejo Ambiental. Los parámetros y límites permisibles a cumplirse en estos casos para las descargas serán los que se establecen en la Tabla No. 4 del Anexo 2 de este Reglamento.

2.1.- MATERIALES Y MÉTODOS

2.1.1.- Descripción y caracterización del lugar de estudio

La presente investigación se llevó a cabo a lo largo de la cuenca baja del río Teaone en puntos denominados "antes" (Puente - "Jardines de la paz"), separado por 3 km río abajo el segundo punto denominado "durante" (sector "Propicia 4") y siguiendo 3 km río abajo un último punto denominado "después" (sector "Propicia 1"), específicamente las secciones comprendidas entre la termoeléctrica y la desembocadura al río Esmeraldas, y

en los sectores o barrios aledaños: "Propicia 1", "La Concordia" y "Cooperativa Río Teañone" (ver Plano 1). Todos ellos ubicados en la provincia de Esmeraldas, cantón Esmeraldas y parroquia Simón Plata Torres, al sur de la ciudad de Esmeraldas.

Los muestreos de campo se iniciaron en el mes de julio del 2013 con la medición de parámetros físico-químicos en el campo y la recogida de muestras de agua y macro invertebrados. Durante el mes de septiembre del mismo año, se ejecutaron las encuestas aplicadas a los habitantes de los sectores aledaños a la ribera del río. Esta investigación concluye en el mes de julio del 2014, con toda la información recopilada y el análisis de los resultados obtenidos.

Ubicación Geográfica



Plano I. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo, cuenca baja.

2.1.2. Materiales y equipos

Para la determinación de parámetros físico-químicos del agua, se utilizó un equipo portátil Potalab de Wagtech con sensores correspondientes a cada parámetro tomado. Se midió la turbidez en NTUs, pH, conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$), oxígeno disuelto (gr/l), temperatura del agua y ambiente ($^{\circ}\text{C}$). Para el análisis de Hidrocarburos Totales de Petróleo y Coliformes fecales se enviaron en cada muestreo 3 muestras al laboratorio de aguas y suelos GRÜENTEC ubicado en la ciudad de Quito el cual está acreditado por el Organismo de Acreditación Ecuatoriano (OAE).

Para la obtención de los parámetros biológicos se llevó a cabo un muestreo de macroinvertebrados, a través de la recolección de los mismos con la ayuda de una red y luego su posterior identificación en el laboratorio.

Finalmente, para analizar el uso y calidad del agua por los habitantes aledaños al curso de este río, se aplicaron encuestas a 150 personas, ubicadas en 3 sectores diferentes aledaños a la ribera del río con diferentes condiciones.

2.1.3.- Técnica de Muestreo

Muestreo de parámetros físico-químicos.

El método utilizado fue el de muestras compuestas; con las que se levantaron los parámetros físico-químicos y microbiológicos (turbidez, conductividad, O_2 , pH, T^{a} agua, T^{a} ambiente, TPH y coliformes fecales) se identificaron áreas en las que se produce deposición de aguas contaminadas con hidrocarburos producto de la posible actividad de la Refinería Estatal de Esmeraldas y la Unidad de Negocios CELEP EP TERMOESMERALDAS, así como áreas donde se originan descargas de aguas servidas y residuales.

Para el levantamiento de los parámetros físico-químicos, el muestreo se realizó en tres estaciones de análisis, el primero denominado "antes" del sector contaminado que se ubica en el sector del Puente vía Camposanto "Jardines de la Paz". El segundo punto denominado "durante" en el sector contaminado localizado en la ciudadela "Propicia 4" y el último punto "después" del sector contaminado ubicado en la ciudadela "Propicia 1".

Se procedió a tomar muestras de agua en la cuenca baja del río cada 3km, tres muestras en cada punto. Se utilizaron cubos plásticos y jarras, esta agua fue depositada en frascos de vidrio ámbar, esterilizados, de 250cc y envases plásticos esterilizados de 300 ml,

respectivamente, etiquetados para el análisis de Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH) y coliformes fecales en el laboratorio de aguas y suelos.

Muestreo de macroinvertebrados.

Para el levantamiento de los parámetros biológicos (macroinvertebrados) solo se establecieron dos puntos de muestreo "antes" en el sector del Puente vía Camposanto "Jardines de la Paz" y "después" donde se acogió el sector de la ciudadela "Propicia 4" debido al evidente deterioro que presenta el agua del río. En cuanto a la recolección de macroinvertebrados primero se identificaron visualmente los ambientes para macroinvertebrados que existían a lo largo del tramo: remansos lentos y profundos, zonas de rápidos profundos y lentos, orillas con vegetación, orillas sin vegetación, zonas de cantos (fragmentos de roca pulidos y sueltos), bloques de piedra, arenas o limos, lechos de hojarasca y ramas, zonas con vegetación sumergida y algas (Carrera y Fierro, 2001, p.28). El tiempo total de muestreo en cada punto estuvo comprendido entre 20 y 30 minutos en función de la superficie del tramo y del número de ambientes identificados. Los tramos más extensos con mayor número de ambientes se muestrearon durante un tiempo superior.

Las muestras se recogieron con una red (400 µm de luz de malla y boca de entrada de 30 cm) que se colocó contracorriente y removiendo el sustrato con el pie para separar aquellos organismos que se encontraban adheridos a piedras o cantos. Además, antes de entrar en el agua se localizaron los animales esquivos que viven en la superficie como la familia *Gerridae* o *Gyrinidae* y que podrían pasar inadvertidos durante el muestreo (Jáimez-Cuellar *et al.*, 2002).

La muestra se procesó parcialmente en el campo utilizando para ello una bandeja de color blanco y limpiando las piedras, ramas y hojarasca con ayuda de pinzas y alcohol. Todas las muestras de macroinvertebrados se conservaron individualmente en recipientes con etanol 96° hasta su determinación en el laboratorio. Se procedió a realizar la limpieza de las muestras con agua destilada parte por parte. Se las ubicó bajo el microscopio y se examinaron minuciosamente. Una vez culminada la limpieza de estas muestras se realizó la identificación de los macroinvertebrados encontrados en las mismas con una guía de identificación, el "Manual de campo para el monitoreo de macroinvertebrados, bioindicadores de la calidad del agua" (Tufiño, Paliz, & Carrera, 2012).

Elaboración y aplicación de encuestas.

La encuesta referente al análisis del uso y calidad del agua por los poblados aledaños a la ribera del río, se estableció el número de la muestra de la siguiente manera: se estimó un universo o población de 3000 personas ubicadas en la ribera del río ("Diagnóstico Rural del Cantón Esmeraldas", 2011), que corresponden al área de estudio, y se consideró encuestar al 5% de la población, basado en el método de valoración contingente, determinándose que 150 personas debieron ser encuestadas.

Hasta aquí, se dividió la muestra por sectores Barrio: "La Propicia 1", "La Concordia", y "Cooperativa Río Teaone", donde se recogió información de un total de 50 personas por sector.

Análisis estadístico

Se practicó un Análisis de Varianza de una vía (ANDEVA) para establecer si existían diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los tratamientos evaluados. Para conocer su significación, se determinó si el valor de F calculado en cada uno de los muestreos es superior al valor de F de la tabla asignada por Fisher. Un resultado es altamente significativo, cuando su valor se encuentra entre 0–1, significativo para valores entre 1– 5 y no significativo para valores superiores a 5. Los análisis estadísticos se realizaron con el soporte informático SAS 4.0.

Prueba de TUKEY

Se aplicó la prueba de rangos múltiples de TUKEY, la misma que se utiliza en ensayos o investigaciones de campo para separar los promedios de los tratamientos evaluados. La significación del estadístico F se demuestra utilizando letras (a, b, c, d, e,...) cuyo uso depende del número de tratamientos, siendo "a" la letra asignada al mayor promedio. Su significación viene dada como <0.01 altamente significativo, 0.01-0.05 significativo y >0.05 no significativo. Se usa la prueba de rangos múltiples de TUKEY para garantizar un mayor rigor estadístico, ya que es más exigente que otras.

2.2. RESULTADOS

A continuación se presenta datos del ANDEVA realizado para el análisis estadístico de los parámetros físico-químicos obtenidos en campo:

Tabla XV. Descriptivos del análisis de varianza practicado para establecer si existen diferencias significativas de calidad de agua en 3 estaciones del Río Teaone (cuenca baja) en el año 2013

FUENTE DE VARIACIÓN	t = 3 r = 3	GRADOS DE LIBERTAD
Tratamiento (Ubicación en el río)	(t - 1)	2
Error	t (r - 1)	6
Total	(t x r) - 1	8

Fuente: Trabajo de campo 2014.

Los siguientes resultados obtenidos del proceso estadístico hacen referencia al análisis físico-químico de cada uno de los parámetros muestreados en campo, es decir turbidez, conductividad, O₂, pH, T^a agua, T^a ambiente, en cada uno de los puntos evaluados, en donde los resultados son los siguientes:

Tabla XVI. Promedios de Turbidez, Oxígeno disuelto, pH, Conductividad, T° del agua y T° ambiente en 3 estaciones del río Teaone (cuenca baja), en los meses de septiembre, octubre y noviembre, Esmeraldas, 2013.

Puntos de muestreo Meses	1 (3 km arriba)	2 (durante la contaminación)	3 (3 km abajo)
Turbidez			
septiembre	7.28 b	5.43 c	13.56 a
octubre	7.41 c	15.33 b	17.43 a
noviembre	5.73 c	6.12 b	10.50 a
Oxígeno Disuelto			
septiembre	10.03 a	6.23 b	6.04 c
octubre	10.73 a	7.11 b	6.06 c
noviembre	10.57 a	6.13 b	5.05 c
pH			
septiembre	7.50 a	7.45 ab	7.41 b
octubre	7.52 a	7.04 b	6.50 c
noviembre	7.91 a	7.53 b	7.54 b
Conductividad			
septiembre	620.66 c	695.33 b	795.00 a
octubre	522.33 c	690.66 b	724.33 a
noviembre	635.66 c	785.00 b	822.00 a
T° agua			
septiembre	29.46 a	29.40 a	29.63 a
octubre	29.56 a	30.33 a	28.63 a
noviembre	25.40 b	25.56 ab	26.07 a
T° ambiente			
septiembre	31.20 a	31.60 a	31.36 a
octubre	31.50 a	31.63 a	30.06 b
noviembre	24.63 b	25.23 ab	25.56 a

Letras iguales no difieren estadísticamente entre sí, según Tukey al 5% de probabilidad de error.

2.2.1. Turbidez

En cuanto a turbidez, en el mes de septiembre se produjeron diferencias estadísticas altamente significativas (0,01**) según Tukey al 5% de probabilidad de error, entre los puntos de muestreo, presentándose el mayor valor en el punto de muestreo 3 (3km abajo de la descarga) con 13.56 N.T.U., y el menor valor 5.43 N.T.U., en el punto 2 (sitio de descarga de TERMOESMERALDAS). En el mes de octubre se presentaron diferencias altamente significativas (0,01**), el mayor valor de turbidez se presentó 3 km abajo de la descarga de TERMOESMERALDAS con 17.43 N.T.U. y el menor valor 3 km arriba de la descarga con 7.41 N.T.U. En el mes de noviembre se ratifica el comportamiento establecido en octubre con diferencias estadísticas altamente significativas (0,01**), y con el mayor valor 10.50 N.T.U. 3 km abajo de la descarga y el menor valor 5.73 N.T.U. 3 km arriba de TERMOESMERALDAS. El Coeficiente de Variación (CV) en los meses de septiembre, octubre y noviembre fue de 1.04 %, 0.25 % y 0.56 %, respectivamente (ver Tabla XIV). La turbidez del agua del río Teaone en comparación con el límite máximo permisible establecido en el criterio de calidad para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieren tratamiento convencional determinado en el TULAS, el cual es 100 N.T.U., presenta valores que se encuentran muy por debajo del límite estimado.

2.2.2. Oxígeno Disuelto

En lo referente a oxígeno disuelto, en el mes de septiembre se produjeron diferencias estadísticas altamente significativas (0,01**) según Tukey al 5 % de probabilidad de error, entre los puntos de muestreo, presentándose el valor más elevado en el punto de muestreo 1 (3km arriba de la descarga) con 10.03 mg/l, y el valor más bajo 6.04 mg/l, en el punto 3 (3km debajo de la descarga). En el mes siguiente, octubre, se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas (0,01**), el mayor valor de oxígeno disuelto se produjo en el punto 1 (3 km arriba de la descarga) con un valor de 10.73 mg/l, y el menor valor 3 km abajo de la descarga con 6.06 mg/l. En el mes de noviembre, se confirma el mismo patrón establecido en los meses anteriores con diferencias estadísticas altamente significativas (0,01**), estableciéndose el punto 1 (3 km arriba de la descarga) como el de mayor valor con 10,57 mg/l, y el punto 3 (3 km abajo) con 5.05 mg/l como el de menor valor. El Coeficiente de Variación en los meses de septiembre, octubre y noviembre fue de 0.35%, 4.07% y 0.47% respectivamente. Ver Tabla XIV. Los valores obtenidos en el muestreo de oxígeno disuelto no descienden del

límite máximo permisible determinados en los criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario estipulados en el TULAS, manteniéndose así dentro del rango de lo establecido por la ley.

2.2.3 pH

En lo que se refiere a pH, para el mes de septiembre se presentaron diferencias estadísticas no significativas (5,22 N.S.) según Tukey al 5% de probabilidad de error, entre los puntos de muestreo, siendo el de mayor valor el punto 1 (3 km arriba de la descarga) con 7.50 y el de menor valor el punto 3 (3 km debajo de la descarga) con 7.41. Para el mes de octubre se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas (0,01**), el mayor valor de pH se produjo 3 km arriba de la descarga con 7.52, y el menor valor 3 km abajo de las descargas con 6.50. Para el mes de noviembre también se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas (0,01**), siendo el punto 1 (3 km arriba de la descarga) el de mayor valor con 7.91, y el punto 2 (sitio de la descarga) con el menor valor 7.53. El Coeficiente de Variación en los tres meses respectivos septiembre, octubre y noviembre fue de 0.46%, 0.62% y 0.35% respectivamente (ver Tabla XIV). Los niveles de pH determinados en el agua del río Teane no superan los límites máximos permisibles establecidos en los criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario, y de los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional señalados en el TULAS, los mismos que se ubican en un rango de 6,50 – 9.

2.2.4. Conductividad

La conductividad en el mes de septiembre exhibió diferencias estadísticas altamente significativas (0,01**) según el test de Tukey con un 5% de probabilidad de error, entre los puntos de muestreo, con el mayor valor en el punto 3 (3 km abajo de la descarga) con 795.00 μS , y el menor valor en el punto 1 (3 km arriba de la descarga) con 620.66 μS .

Esta tendencia de alta diferencia significativa continua en el mes de octubre, donde, el mayor valor de conductividad se produjo 3 km abajo de la descarga de TERMOESMERALDAS con 724.33 μS y el menor valor 3 km arriba de la descarga

con 522.33 μS . En el mes de noviembre se confirma la conducta establecida en los meses anteriores con diferencias estadísticas altamente significativas (0,01**), siendo el mayor valor 3 km abajo de la descarga 822.00 μS , y el menor valor 635.66 μS 3 km arriba de la descarga.

El CV en los meses de septiembre, octubre y noviembre fue de 0.44%, 0.53% y 0.29% respectivamente, ver Tabla XIV.

2.2.5. Temperatura del agua

En Septiembre no se obtuvieron diferencias estadísticas significativas (41,37 N.S.) según Tukey al 5% de probabilidad de error, entre los puntos de muestreo, presentándose el mayor valor en el punto de muestreo 3 (3km debajo de la descarga) con 29.63 °C, y el menor valor con 29.40 °C, en el punto 2 (durante la descarga). Para el mes de Octubre tampoco se presentaron diferencias estadísticas significativas (15,47 N.S.), el mayor valor se presentó en el punto 2 (durante la descarga) con 30.33 °C, y el menor valor 28.63 °C en el punto 3 (3km debajo de la descarga). En el mes de Noviembre si se presentaron diferencias estadísticas significativas (4,10*) con 26.07 °C en el punto 3 (3 km debajo de la descarga) como mayor valor, y 25.40 °C en el punto 1 (3 km arriba de la descarga) como menor valor. El CV en los meses de septiembre, octubre y noviembre fue de 0.69 %, 3.10 % y 0.99 %, respectivamente. Ver Tabla XIV.

2.2.6. Temperatura Ambiente

En lo referente a la temperatura ambiente, en el mes de septiembre no se originaron diferencias estadísticas significativas (18,93 N.S.) según Tukey al 5 % de probabilidad de error entre los puntos de muestreo, presentándose el valor más elevado en el punto de muestreo 2 (durante la descarga) con 31.60 °C, y el valor más bajo 31.20 °C en el punto 1 (3km arriba de la descarga). En el mes de octubre, se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas (0,01**), el mayor valor de temperatura ambiente se produjo en el punto 2 (durante la descarga) con 31.63 °C, y el menor valor 3 km debajo de la descarga con 30.06 °C. En el mes de noviembre también se ocasionaron diferencias estadísticas altamente significativas (0,95**) con el punto 3 (3km debajo de la descarga) 25.56 °C como el de mayor valor, y el punto 1 (3km arriba de la descarga) con 24.63 °C como el de menor valor. El Coeficiente de Variación en los meses de septiembre, octubre y noviembre fue de 0.74 %, 0.47 % y 0.97 % respectivamente. Ver Tabla XIV.

2.2.7. Análisis biológicos (macroinvertebrados)

El análisis de macroinvertebrados arrojó los siguientes resultados de acuerdo a la interpretación del BWMP:

Rango de calidad del agua

75 – 100 %	Muy buena
50 – 74 %	Buena
25 – 49 %	Regular
0 – 24 %	Mala

Primer Muestreo, 20 de octubre del 2013.

Estación 1: Antes de la contaminación.

TABLA XVII. Identificación y análisis de macroinvertebrados.

ANTES			
División	Clasificación	Abundancia (Número de individuos)	EPT Presentes (Grupos Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera)
Familia	<i>Baetidae</i>	25	25
Familia	<i>Leptahyphidae</i>	4	4
Subfamilia	<i>Tanypodinae</i>	4	N.D.*
Familia	<i>Chironomidae</i>	1	N.D.*
Familia	<i>Glossosomatidae</i>	2	2
Total		36	31

*Las sub-familias y familias señaladas con las iniciales N.D. no se ubican dentro del grupo EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) según la bibliografía. Tufiño P. y Paliz M. (eds.). 2012. Guía del Manual de campo para el Monitoreo de Macroinvertebrados acuáticos.

ETP total / Abundancia total	31 / 36 = 0,86 0,86 x 100 = 86 %	75 – 100 % Muy buena
---------------------------------	-------------------------------------	----------------------

Calidad del agua: 75 – 100 % Muy buena

Estación 2: Después de la contaminación.

TABLA XVIII. Identificación y análisis de macroinvertebrados (primer muestreo).

DESPUÉS			
División	Clasificación	Abundancia (Número de individuos)	EPT Presentes (Grupos Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera)
Familia	<i>Tanypodinae</i>	6	N.D.*
Familia	<i>Chironomidae</i>	134	N.D.*
Familia	<i>Baetidae</i>	6	6
Familia	<i>Elmidae</i>	1	N.D.*
Total		147	6

*Las familias señaladas con las iniciales N.D. no se ubican dentro del grupo EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) según la bibliografía. Tufiño P. y Paliz M. (eds.). 2012. Guía del Manual de campo para el Monitoreo de Macroinvertebrados acuáticos.

ETP total / Abundancia total	$6 / 147 = 0,041$ $0,041 \times 100 = 4,1 \%$	0 – 24 % Mala
---------------------------------	--	---------------

Calidad del agua: 0 – 24 % Mala

Una vez realizado el primer análisis de macroinvertebrados entre los dos puntos establecidos, antes y después del impacto, cuyas muestras se tomaron en el sector del puente – camposanto “Jardines de la Paz” (Antes) y el sector de la ciudadela “Propicia 4” (Después).

Estos resultados muestran claramente diferente calidad de agua entre ambos puntos. En el punto establecido como “antes” se determinó la presencia de una mayor cantidad de familias (4) y subfamilia (1), aunque no con una gran abundancia de individuos, predominando en este caso la familia *Baetidae* con 25 individuos. La presencia de una mayor cantidad de familias y subfamilias, puede ser indicativo de que este transecto del río se vería afectado en menor escala en comparación con el segundo punto, con actividades de recreación y de labor doméstica, como es el lavado de ropa con la utilización de detergentes que pueden llegar a producir alteraciones en el agua, debido a que estos productos químicos son tóxicos y contribuyen al aumento de fenómenos como la eutrofización lo que provoca la pérdida de oxígeno y por ende la pérdida de especies que dependen de él (Luna, 2013), lo que probablemente explique la disminuida presencia de individuos en la muestra.

En el segundo punto establecido como “después”, se determinó la presencia de cuatro familias, dando un total de cuatro divisiones; es decir una menos que la muestra anterior. Esta muestra se caracterizó por la presencia de una gran cantidad de gusanos, siendo la familia *Chironomidae* la que predominó con 134 individuos. La presencia de tantos gusanos en la muestra nos indica el estado en que se encuentra el agua en este punto, es decir que indica la disminución o falta de oxígeno del agua en esta zona, ya que estos pequeños gusanos se cargan de hemoglobina para soportar las condiciones del lugar (Medina, 2004).

Segundo Muestreo, 20 de noviembre del 2013

Estación 1: Antes de la contaminación.

TABLA XIX. Identificación y análisis de macroinvertebrados (segundo muestreo).

ANTES			
División	Clasificación	Abundancia (Número de individuos)	EPT Presentes (Grupos Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera)
Familia	<i>Baetidae</i>	3	3
Familia	<i>Palaemonidae</i>	1	N.D.*
Familia	<i>Leptophlebiidae</i>	1	1
Familia	<i>Chironominae</i>	1	N.D.*
Total		6	4

*Las familias señaladas con las iniciales N.D. no se ubican dentro del grupo EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) según la bibliografía. Tufiño P. y Paliz M. (eds.). 2012. Guía del Manual de campo para el Monitoreo de Macroinvertebrados acuáticos.

ETP total / Abundancia total	$4 / 6 = 0,67$ $0,66 \times 100 = 67 \%$	50 – 74 % Buena
---------------------------------	---	-----------------

Calidad del agua: 50 – 74 %

Estación 2: Después de la contaminación.

TABLA XX. Identificación y análisis de macroinvertebrados (segundo muestreo).

DESPUÉS			
División	Clasificación	Abundancia (Número de individuos)	EPT Presentes (Grupos Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera)
Familia	<i>Palaemonidae</i>	13	N.D.*
Familia	<i>Baetidae</i>	1	1
Familia	<i>Tanypodinae</i>	4	N.D.*
Total		18	1

*Las familias señaladas con las iniciales N.D. no se ubican dentro del grupo EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) según la bibliografía. Tufiño P. y Paliz M. (eds.). 2012. Guía del Manual de campo para el Monitoreo de Macroinvertebrados acuáticos.

ETP total / Abundancia total	$1/18 = 0,056$ $0,056 \times 100 = 5,6 \%$	0 – 24 % Mala
---------------------------------	---	---------------

Calidad del agua: 0 – 24 % mala

Una vez realizado el segundo análisis de macroinvertebrados en los puntos, antes y después, sus resultados muestran evidentes diferencias entre ambos puntos, es así que el primer sector "antes del impacto" consta con 4 diferentes familias, 6 individuos y 2 grupos ETP, cuya distribución es la siguiente: la familia *Baetidae* con 3 individuos, F. *Palaemonidae*, F. *Leptophlebiidae* y F. *Chironomidae* cada una con 1 individuo respectivamente, donde las familias *Baetidae* y *Leptophlebiidae* son pertenecientes al

grupo ETP proporcionando un total de 4 individuos para este grupo. Aplicada la fórmula para establecer la calidad del agua en este tramo, el resultado de la misma sitúa la calidad del en un intervalo de 50 – 74 % que corresponde a buena.

En el punto denominado “después del impacto” los resultados variaron con la presencia de 3 familias, 18 individuos y un grupo ETP, donde la familia *Palaemonidae* consta de 13 individuos, la F. *Baetidae* con 1 y la F. *Tanypodinae* con 4 individuos y el único grupo ETP presente, *Baetidae* con 1 solo individuo. Aplicada la fórmula que permite determinar la calidad del agua ubica este transecto en un intervalo de 0 – 24% que corresponde a mala calidad.

2.2.8. Vulnerabilidad de la población local según el uso del agua del río en base a las encuestas realizadas.

Sobre la vulnerabilidad de la población local según el uso del agua del río, determinado mediante encuesta, se presentan los siguientes resultados:

1. Lleva usted viviendo en el lugar alrededor de:

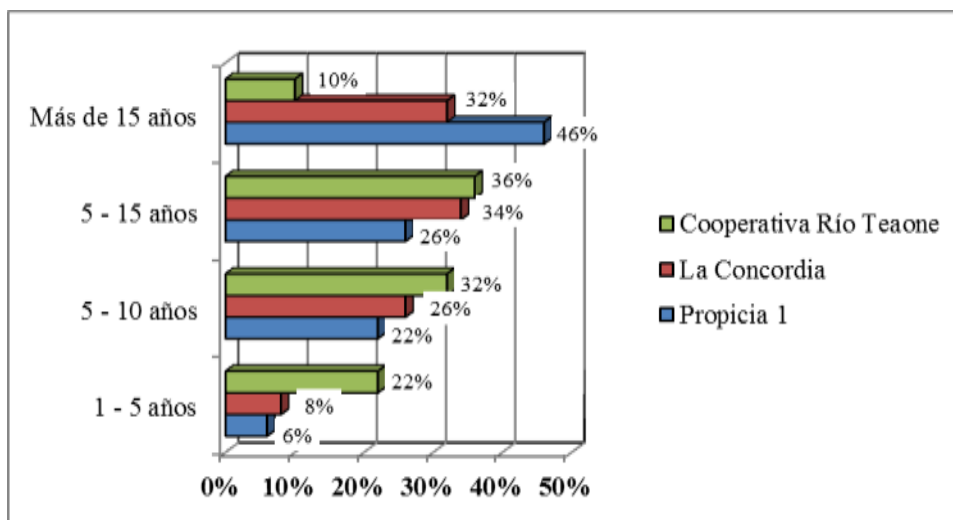


Figura N° 1. Años viviendo en el sector

De los habitantes encuestados en el sector de la “Propicia 1” el 46% que corresponde a la mayoría son los que se han establecido más tiempo en el sector, mientras que el 6% que pertenece a la minoría son los habitantes que llevan viviendo menor tiempo en el lugar. Para el barrio “La Concordia” el 34% de los habitantes encuestados, son aquellos que han habitado entre 5 y 15 años en el sector, mientras que aquellos que llevan viviendo menor tiempo en el sector

corresponden al 8%. En el barrio "Cooperativa Río Teaone" el 10% perteneciente a la minoría de los encuestados, son aquellos que han habitado por mayor tiempo en el sector, mientras que el 36% se han establecido entre 5 y 15 años en el lugar (ver figura 1).

2. Tipo de construcción de la vivienda.

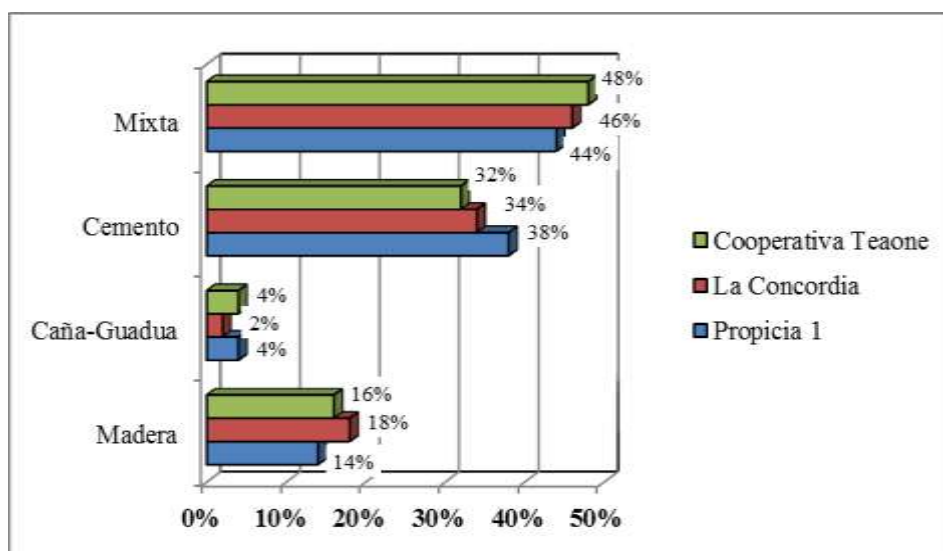


Figura N° 2. Tipos de vivienda.

En el sector de la "Propicia 1" el 4% de los habitantes encuestados los mismos que corresponden a la minoría, viven en construcciones de caña guadua, mientras que la mayoría que pertenece al 44% habitan en casas de construcción mixta. Para el barrio "La Concordia" el 46% que hace referencia a la mayoría de las personas encuestadas habitan en viviendas de construcción mixta, por otro lado el 2% que representa la minoría habitan en construcciones de caña-guadua. Para el sector "Cooperativa Río Teaone" el 4% que representa a la minoría de los encuestados habitan en construcciones de caña-guadua, mientras que el 48% que pertenece a la mayoría poseen vivienda de construcción mixta (ver figura 2).

3. ¿Cuántas personas viven en el domicilio?

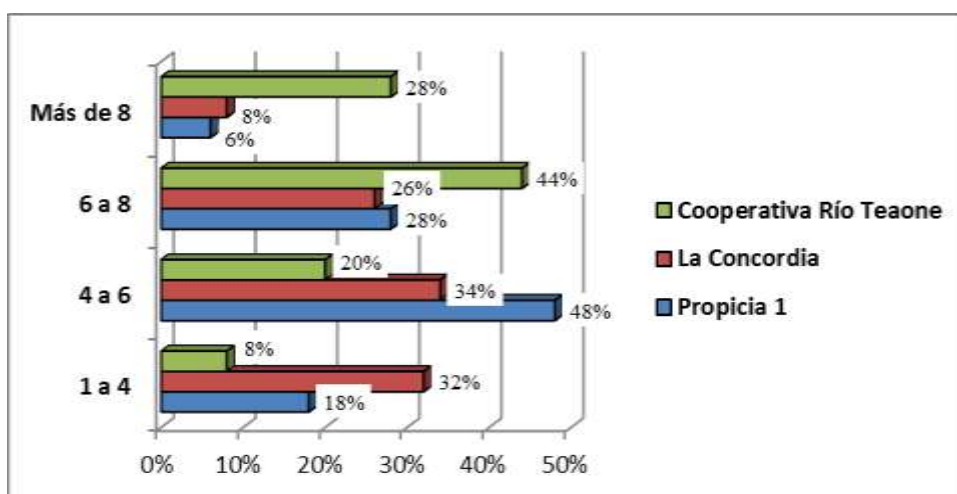


Figura N° 3. Personas que conviven en un domicilio.

Como se aprecia en la figura 3; el en el barrio "Propicia 1" el 6% que corresponde al menor porcentaje de los encuestados indicaron que habitan en una vivienda más de 8 personas, mientras que el 48% que representa a la mayoría, conviven en un hogar entre 4 y 6 personas. El 34% perteneciente a la mayoría de los habitantes encuestados del barrio "La Concordia" manifestaron que entre 4 y 6 personas conviven en una vivienda, mientras que un 8% que representa al menor porcentaje indicaron que más de 8 personas habitan en un domicilio. Para el barrio "Cooperativa Río Teaone" el 8% de los encuestados manifestaron que en un domicilio conviven entre 1 y 4 personas, mientras que para el 44% perteneciente a la mayoría de los encuestados, habitan en una vivienda entre 4 y 6 personas (ver figura 3). En este último barrio al convivir familias más numerosas en una sola vivienda esto hace presente una mayor demanda de agua, por lo que probablemente se vean obligadas a utilizar más el agua del río.

4. Mujeres embarazadas en el domicilio

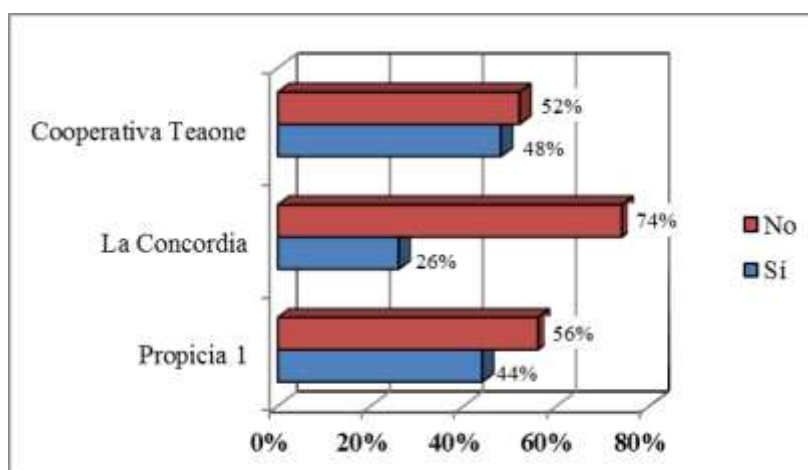


Figura N° 4. Presencia de mujeres embarazadas en un domicilio.

En el sector de la "Propicia 1" en base a los habitantes encuestados, existe un 56% de mujeres embarazadas en el lugar. Por otro lado en el barrio "La Concordia" existe un 26%. Mientras que en el sector "Cooperativa Río Teañone" se halla un 48% de mujeres embarazadas (ver figura 4). Lo que denota visibles diferencias entre sectores.

5. ¿Cuenta usted con el servicio de agua potable y alcantarillado?

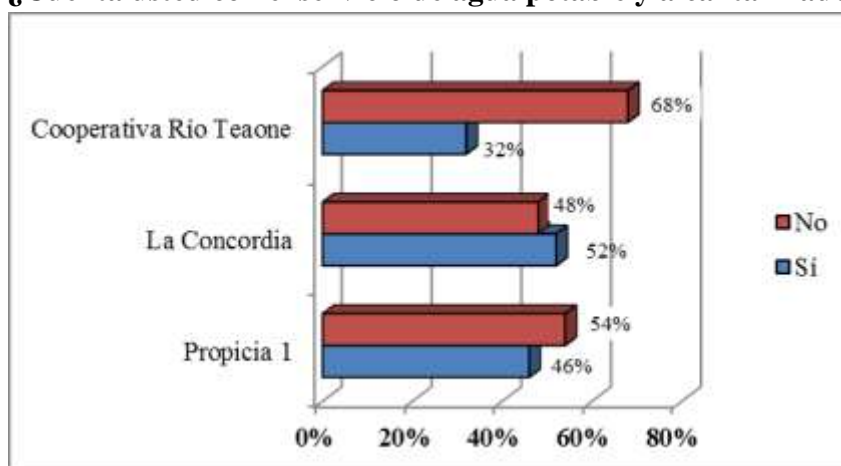


Figura N° 5. Disponibilidad de agua potable y alcantarillado.

En el barrio "Propicia 1" el 46% de las personas encuestadas poseen agua potable y alcantarillado. En el sector de "La Concordia" el 52% de los habitantes encuestados cuentan con el servicio de agua potable y alcantarillado. Mientras que en el barrio "Cooperativa Río Teañone" solo un 32% cuentan con dichos servicios. Lo que hace evidente en este último sector la falta de intervención y por ende la carencia de estos servicios básicos (ver figura 5).

6. ¿Utiliza usted el agua del río Teaone?

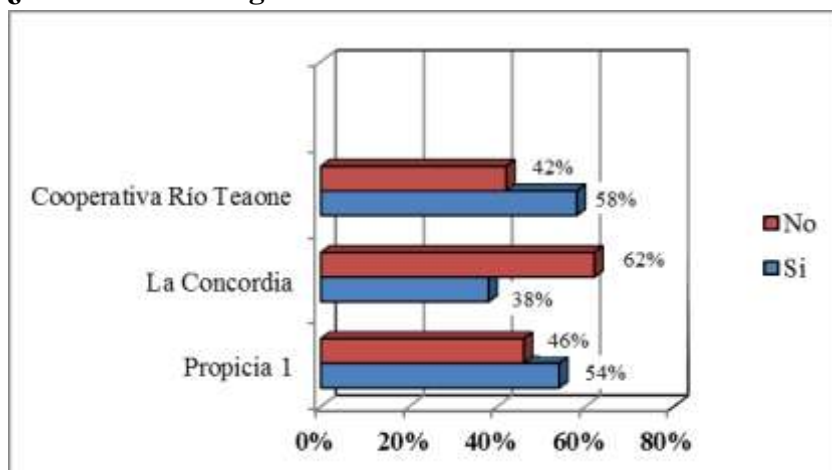


Figura N° 6. Número de personas encuestadas que utilizan y no utilizan el agua del río.

El 54% de las personas encuestadas en el barrio "Propicia 1" expresaron que aun utilizan el agua del río. En el sector de "La Concordia" un 38% de los encuestados que pertenecen a la minoría mencionaron que también utilizan esta agua. Mientras que en el sector de la "Cooperativa Río Teaone" el 58% que representa el mayor porcentaje manifestaron que utilizan el agua de este río (ver figura 6). Siendo este último el sector que mayormente se ve en la necesidad de utilizar esta agua.

7. ¿Qué uso le proporciona?

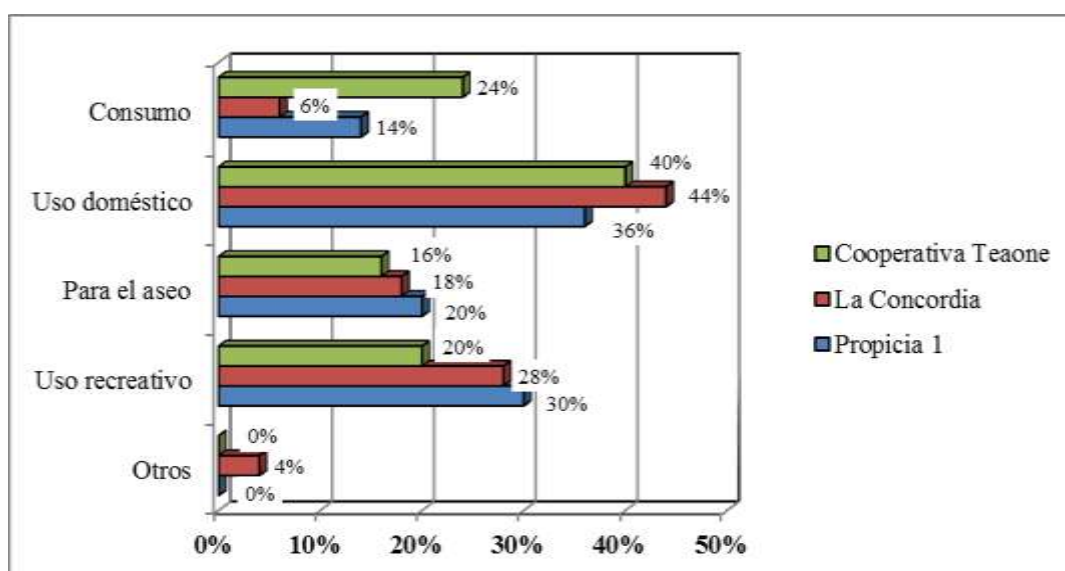


Figura N° 7. Usos que se le proporciona al agua del río Teaone.

En el sector de la "Propicia 1" el 36% que pertenece a la mayoría de los habitantes encuestados en el lugar mencionaron que le dan un uso doméstico al

agua de este río, un 14% que representa a la minoría manifestaron que consumen el agua de este río. En el barrio "La Concordia" el 44% es decir la mayoría de los encuestados, expresaron que dan uso doméstico al agua del río, mientras que apenas un 6% la utilizan para consumo. En el sector "Cooperativa Río Teaone" el 40% correspondiente a la mayoría de los encuestados manifestaron que le proporcionan uso doméstico al agua del río, mientras que el 16% con el porcentaje más bajo, utilizan esta agua para el aseo (ver figura 7).

8. ¿Se han realizado campañas de salud en el sector?

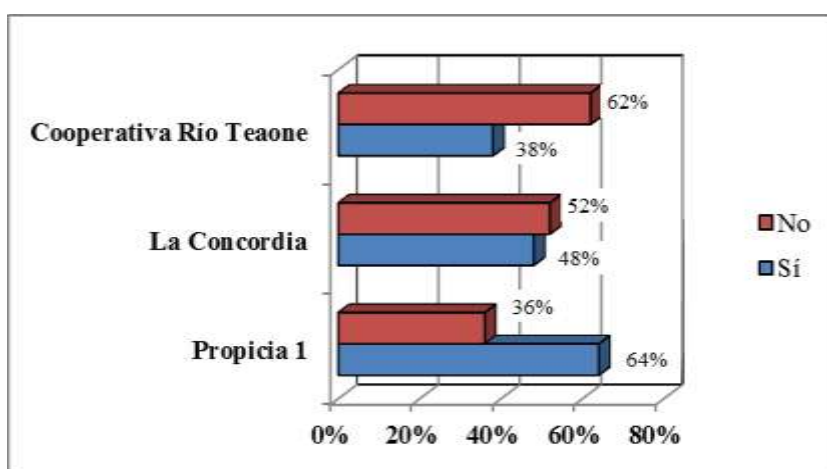


Figura N° 8. Realización de campañas de salud.

En el sector de la "Propicia 1" el 64% de los habitantes encuestados comparten que sí se han llevado a cabo campañas de salud en el sector. En el barrio "La Concordia" el 52% de los encuestados coinciden en que no se han realizado campañas de salud en el sector. Para el 62% de los habitantes encuestados en el barrio "Cooperativa Río Teaone" no se han realizado campañas de salud en el lugar (ver figura 8).

9. ¿Con que frecuencia se las realiza?

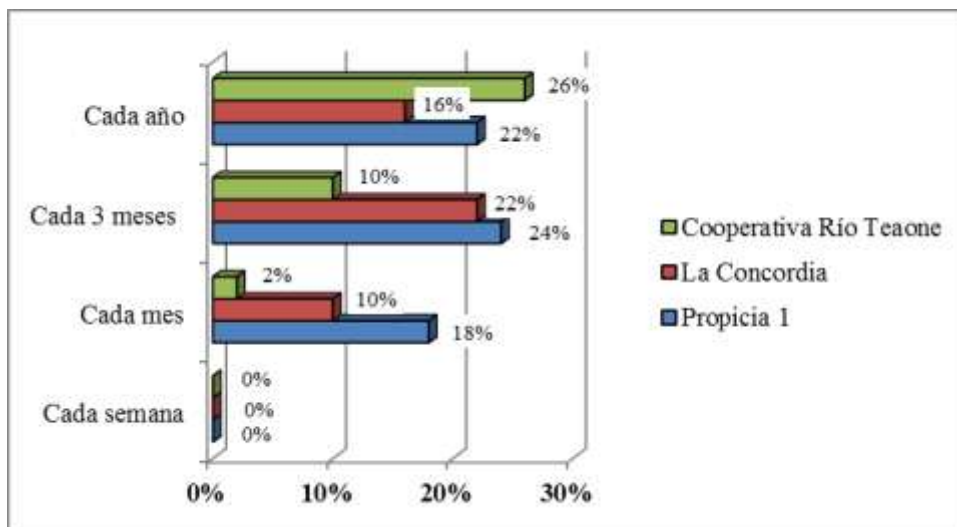


Figura N° 9. Frecuencia con que se realizan campañas de salud.

El 24% de los habitantes encuestados en el sector de la "Propicia 1" afirman que se realizan campañas de salud en el sector comparten que estas se llevan a cabo cada 3 meses. De igual forma un 22% de las personas encuestadas en el barrio "La Concordia" coinciden en que estas campañas se realizan cada 3 meses. Mientras que el 26% de los encuestados en el sector "Cooperativa Río Teaone" manifiesta que estas campañas se llevan a cabo anualmente (ver figura 9).

10. ¿Tiene usted conocimientos sobre la contaminación del río Teaone?

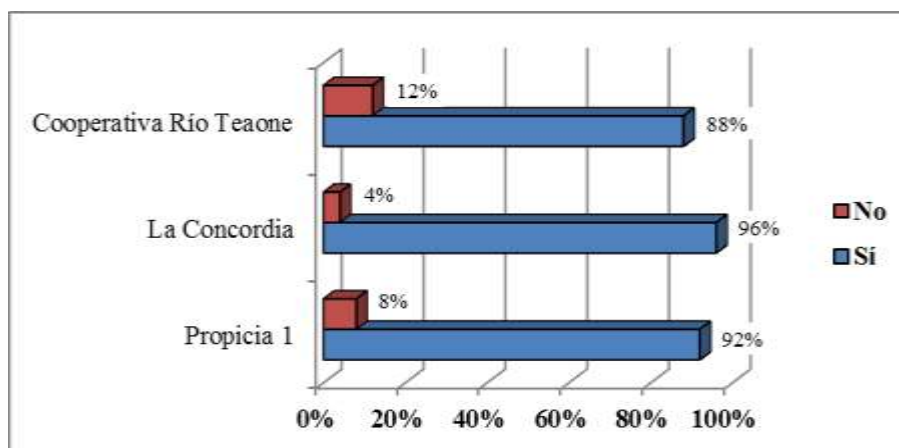


Figura N° 10. Número de personas encuestadas que poseen conocimientos sobre la contaminación del río Teaone.

El 92% de los habitantes encuestados en el sector "Propicia 1" poseen conocimientos sobre la contaminación del río. De igual forma en el barrio "La

Concordia" el 96% también posee conocimientos sobre dicha contaminación. Mientras que el barrio "Cooperativa Río Teaone" el 88% posee conocimientos sobre la contaminación del río (ver figura 10). Lo que refleja que solo un mínimo porcentaje de los encuestados carece de conocimientos sobre la contaminación del río.

11. Según su criterio ¿Cuál cree usted que es la mayor fuente de contaminación para este río?

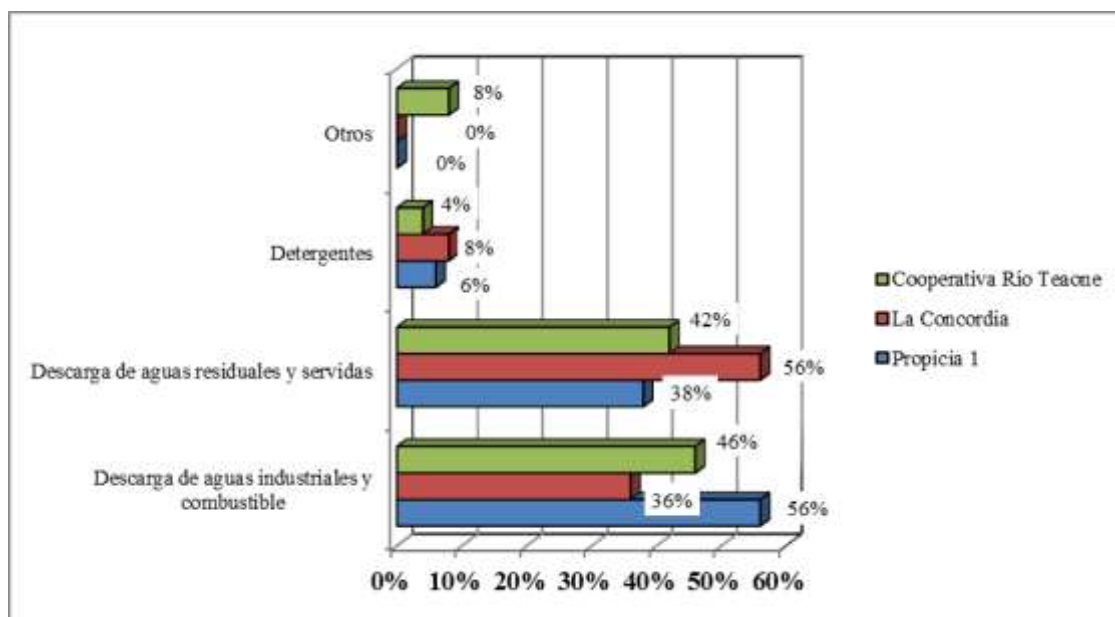


Figura N° 11. Fuentes de contaminación del río Teaone.

El 56% de los habitantes encuestados en el barrio "Propicia 1" coinciden en que la fuente de contaminación del río Teaone es a través de descarga de aguas industriales y combustible y un 6% comparte que es por el uso de detergentes. Para los habitantes del barrio "La Concordia" el 56% manifiesta que el agua del río es contaminada por descarga de aguas residuales y servidas, mientras que un 8% presenta que el agua del río es contaminada por el uso de detergentes. En el sector de la "Cooperativa Río Teaone" el 46% de los habitantes encuestados manifiestan que la fuente de contaminación del río es por descargas de aguas industriales y combustible, por otro lado el 4% de los habitantes expresan que la fuente de contaminación son los detergentes (ver figura 11).

12. Según su criterio la calidad del agua del Río Teaone es :

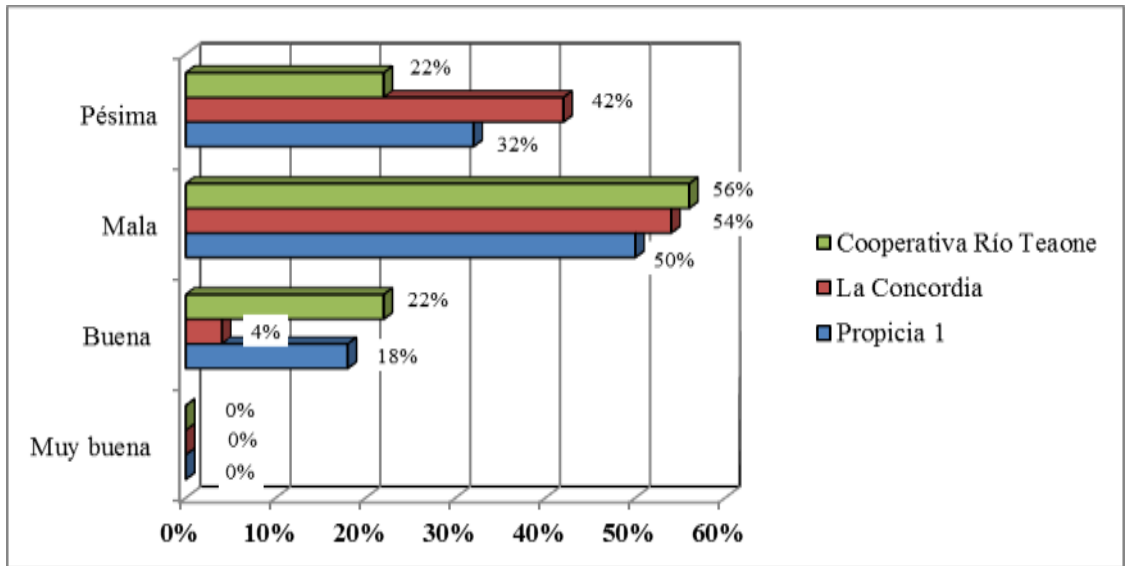


Figura N° 12. Calidad del agua del río Teaone.

En el sector de la "Propicia 1" el mayor porcentaje de los habitantes encuestados que corresponde al 50% consideran que la calidad del agua del río Teaone es mala. Para los habitantes encuestados del barrio "La Concordia" con el 54% que también corresponden a la mayoría comparten el mismo criterio. De igual forma en el sector "Cooperativa Río Teaone" el 56% de los habitantes encuestados manifestaron que el agua de este río es mala (ver figura 12). Se hace evidente que a pesar de tener el conocimiento sobre la calidad del agua, la siguen utilizando frecuentemente.

13. ¿Cree usted que el Río Teaone constituye una cuenca importante para la ciudad?

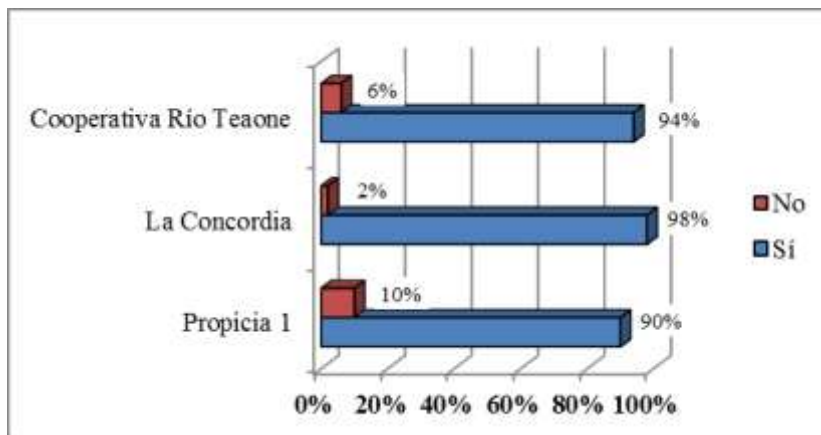


Figura N° 13. Río Teaone constituye una cuenca importante para la ciudad.

El 90% de los habitantes encuestados en el sector "Propicia 1" manifestaron que el río Teaone constituye una cuenca importante para la ciudad. El 98% de los habitantes encuestados en el barrio "La Concordia" concuerdan con lo expresado anteriormente. De igual forma el 94% de las personas encuestadas en el barrio "Cooperativa Río Teaone" comparten el anterior criterio (ver figura 13).

14. Según su criterio, la contaminación que presenta el agua de este río es:

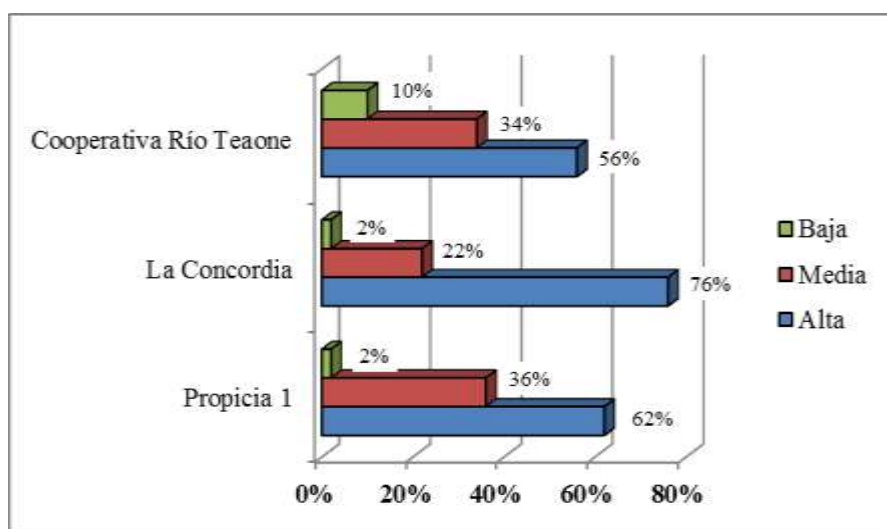


Figura N° 14. Nivel de contaminación del río Teaone.

En el sector "Propicia 1" el 62% de los encuestados consideran que el río Teaone presenta una alta contaminación. El 76% de los habitantes encuestados en el barrio "La Concordia" manifiesta que la contaminación del río es alta. Así mismo un 56% de los encuestados en el sector "Cooperativa Río Teaone" expresan que la contaminación del río es alta (ver figura 14).

2.3. DISCUSION

Con los resultados obtenidos en el análisis de los parámetros físico-químicos se determinaron los valores en los distintos aspectos como oxígeno disuelto (10.03, 10.73 y 10.57 en los meses de septiembre, octubre y noviembre, respectivamente), observándose cantidades elevadas superando el límite máximo de oxígeno disuelto que se puede encontrar en un cuerpo de agua cálida, por lo que probablemente estos resultados presentaron un error sistemático por parte del dispositivo de medición, esto se debió posiblemente a que dicha unidad no se encontraría calibrada adecuadamente.

En cuanto a los valores más altos de pH, 7.50, 7.52, 7.91 durante el mismo período, se ubicaron dentro del rango de pH de 6.5 – 9 establecido en los Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario, indicados en el TULAS. Lo que probablemente indique que las concentraciones de anhídrido carbónico en el agua aún se mantienen estables produciendo así que el pH se conserve en las mismas condiciones.

En cuanto a la conductividad los valores más elevados determinados 795.00, 724.33, 822.00 μS en los meses de septiembre octubre y noviembre, son niveles que superaron el límite de conductividad en un cuerpo de agua dulce, por lo que esto pueda indicar la influencia de agua marina dentro del curso de río, lo que posiblemente dio origen a un agua un poco salobre o su ingreso mareal periódico.

La temperatura del agua con valores 29.63, 30.33, 26.07 °C en los meses antes mencionados respectivamente, se ubicaron por debajo del límite máximo permisible establecido en los Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ecuador.

Para los meses de septiembre, octubre y noviembre en cuanto a hidrocarburos totales de petróleo en el agua en los puntos de muestreo ("antes", "durante" y "después" de la descarga) estuvieron entre $< 0,3$ y $< 0,5$ mg/l; siendo por tanto inferiores a 0,5 mg/l que es el límite máximo permisible en los criterios de la calidad de aguas para la preservación de flora y fauna en aguas dulces frías o cálidas; estos valores ($< 0,3$ y $< 0,5$

mg/l) también estuvieron muy por debajo del límite máximo permisible de descargas a un cuerpo de agua dulce, 20 mg/l, de acuerdo al Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria. Por lo cual es probable que las descargas se mantengan dentro de lo estipulado o que las crecidas en época de invierno limpien el mismo anualmente.

En cuanto a coliformes fecales en los meses de septiembre, octubre y noviembre los valores obtenidos en laboratorio estuvieron entre 2400 nmp/100ml y 46000 nmp/100ml, cantidades que superaron en gran medida el nivel máximo permisible de 200 nmp/100ml, establecido en los criterios de la calidad de aguas para la prevención de flora y fauna en aguas dulces frías o cálidas, así como el nivel máximo permisible de 600 nmp/100ml para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional instituidas en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria. La presencia de estas bacterias alerta que el agua se encuentra contaminada con heces o desechos de alcantarillas, provocando que esto de lugar a la formación de agentes patógenos que pueden estar presentes en el agua, teniendo el potencial de causar enfermedades a quienes la utilicen, así como de contaminar la flora y fauna del lugar; Sin embargo posiblemente las personas que acostumbran a utilizar este tipo de agua como única o principal alternativa tengan el potencial de generar anticuerpos o resistencia a este tipo de bacterias; debido a que el cuerpo humano produce una respuesta inmunitaria creando anticuerpos cuando detecta antígenos, que son elementos dañinos que el cuerpo reconoce como una amenaza tales como virus y bacterias, posibilitando así que el sistema inmune recuerde al antígeno y responda más rápido ante la presencia futura del agente dañino (Enciclopedia de Salud y Psicología, 2009).

En otro aspecto también fue posible comprobar que existe vulnerabilidad en la población local de acuerdo al uso que le proporcionan a este líquido, debido a que una parte de los habitantes en los sectores estudiados aun utilizan este recurso para diferentes actividades, tales como uso recreacional, para el aseo, uso doméstico, entre otros.

Referente a los macroinvertebrados es posible mencionar que la salinidad y la temperatura son variables que condicionan la distribución de las familias de macroinvertebrados acuáticos. Ambos se pueden relacionar negativamente con el caudal, la evaporación, así como la escorrentía que puede aportar sales solubles y

sedimentos marinos en el agua (Vivas, 2003). El bajo caudal contribuye a la salinización del agua y debido a que sus riberas se encuentran intervenidas, ya sea por la ausencia de dosel arbóreo o por causa del uso agrícola en la zona, lo que puede ocasionar una salinización secundaria. La salinidad y la temperatura son aspectos que influyen en gran medida en los órdenes plecópteros, efemerópteros y tricópteros (grupos EPT), cuya distribución y dimensión se correlaciona directamente con estos factores debido a que los individuos de dichos órdenes habitan bajo condiciones estrictas (Vivas, 2003). La temperatura es un factor que interviene de forma directa en la distribución de las especies del grupo EPT, así como en la eclosión de sus huevos de tal manera que estos aparecen y se desarrollan si la temperatura esta o se mantiene por debajo de los 25°C. Sin embargo los datos obtenidos en este estudio demuestran que algunas familias pueden estar presentes por encima de dicha temperatura aunque con una cantidad limitada de individuos.

2.4. CONCLUSIONES

- En vista de los datos obtenidos en cuanto a nivel de TPH (Hidrocarburos Totales de Petróleo), no se observó relación entre el estado de la calidad del agua del río Teañone, antes, durante, después, de la Unidad de Negocios Termoesmeraldas y la calidad del agua en cuanto a este parámetro fisicoquímico, por lo tanto se rechaza la hipótesis: "Existe una relación entre la presencia de la Termoeléctrica y la contaminación presente en el río."
- Considerando los niveles de coliformes fecales determinados antes, durante y después de Termoesmeraldas, con valores que se incrementan río abajo, debido a la población existente en la ribera del río, se acepta la hipótesis: "Las medidas microbiológicas indicaron un proceso de contaminación."
- A través de los análisis físico-químicos se logró determinar que el agua de este río presentó resultados (pH, T°, TPH) que aún se ubican dentro de los niveles permisibles establecidos por la legislación ambiental nacional. Así también de acuerdo a los valores obtenidos en cuanto a cantidad de hidrocarburos totales de petróleo en el agua se puede concluir que en la Unidad de Negocios

Termoesmeraldas no se están vertiendo aguas contaminadas con cantidades que superen los niveles máximos permisibles en el TULAS, lo cual deberá ser ratificado o descartado con investigaciones posteriores a esta, y así llegar a conclusiones sustentadas con suficientes datos. En cuanto a los análisis microbiológicos (coliformes fecales) los resultados determinaron que estos sí sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos por la ley en el TULAS.

- Con el muestreo y análisis de los macroinvertebrados se logró constatar que el agua de este río está dividida en sectores donde la contaminación es ligeramente más leve, como en el sector denominado "antes" (puente - "Jardines La paz") y en otros donde se acentúa mucho más, como es el punto denominado "después" sector de la "Propicia 4"; debido a la abundante presencia de la familia *Chironominae*, los mismo que son gusanos que pueden sobrevivir en ausencia o disminución de oxígeno, lo que probablemente sea originado por las descargas de aguas servidas y aguas residuales.
- A través del proceso de encuestas fue posible determinar que la población aledaña al río Teaone aun hace uso del agua del mismo, empleando está en distintas actividades desde su consumo hasta su uso recreativo, esto se debe a que todavía algunos de los sectores no disponen del servicio básico de agua potable y alcantarillado, aunque la mayor parte de ellos están conscientes de que existe contaminación en este cuerpo de agua.

2.5. RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar con este tipo de investigaciones para de esta forma crear una base de datos con una suma cantidad de información sobre la calidad del agua del río Teaone.
- Por otro lado considerando la excesiva presencia de coliformes fecales que supera el límite máximo permisible establecido por la ley ambiental nacional, en el agua del área estudiada, se recomienda que el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Esmeraldas (GADME) desarrolle acciones para mitigar o eliminar este problema a través de proyectos sanitario- ambientales.

3. REFERENCIAS

3.1. BIBLIOGRAFÍA

- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). (1995). *Reseña toxicológica de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)*. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública.
- *Agua y Enfermedad* (2012). Consultado el 08 de enero de 2013, página web: http://www.excelwater.com/spa/b2c/about_2.php
- *Análisis de agua*. (n.d.). Consultado el 20 de noviembre del 2013, página web: http://www4.ujaen.es/~mjayora/docencia_archivos/Quimica%20analitica%20ambiental/tema%2010.pdf
- *Análisis de la calidad del agua. Indicadores físico-químicos. Temperatura y oxígeno*. (n.d.). Consultado el 10 de noviembre del 2013, página web: <http://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/materialesdidacticos/otros/temperatura.pdf>
- Aznar, A. (2000). *Determinación de los parámetros físico-químicos de la calidad de aguas*. Madrid: Instituto Tecnológico de Química y Materiales “Álvaro Alonso Barba”.
- *Baetidae*. (2011). Consultado el 07 de enero de 2013, página web: <http://www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Texto29.html>
- *Baetidae*. (n.d.). Consultado el 05 de enero del 2013. página web: http://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documento_s/pom_coello/diagnostico/apendices/invertebrados/fichas_efemeropteros.pdf
- Bagai, E. (2013). *Contaminación química de las aguas causada por detergentes de uso diario*. Estados Unidos.
- Baltanás, R. (2009). *Empleo de bioindicadores en estudios de evaluación de la calidad ambiental*: Córdoba: Universidad de Córdoba.
- Blesa, M. (2011). *Indicadores de la calidad del agua: parámetros biológicos, químicos y físicos*. Montana: Estados Unidos.
- Brack, A., Mendiola, C. (2011). En Enciclopedia virtual “Ecología del Perú”(Vol. 1) Perú: Editorial.

- *Calidad del agua: ¿Qué impacto ambiental indican los resultados?* (n.d.). Consultado el 27 de julio del 2013, página web: <http://www.planetseed.com/es/sciencearticle/impacto-ambiental>
- Carrasco, M. (2006). *Determinación de categorías de calidad ambiental en los ríos de Cuenca, con el uso de bioindicadores*. Cuenca.
- Carrera, C., y Fierro, K. (2001). *Manual de monitoreo: Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. EcoCiencia: Quito.
- *Conductividad eléctrica/salinidad*. (n.d.). Consultado el 13 de noviembre del 2013, página web: http://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3130sp.pdf
- Constitución Política del Ecuador (2008) Título VII. Régimen del Buen Vivir. Sec. 6 Agua. Art.411
- *Contaminación por petróleo*. (2009). Consultado el 01 de agosto de 2012, página web: <http://www.inspiration.org/cambioclimatico/contaminacion/contaminacion-por-petroleo>
- Clarke R.T., Wright J.F. and Furse M.T. 2003. RIVPACS models for predicting the expected macroinvertebrate fauna and assessing the ecological quality of rivers. *EcologicalModelling*160: 219-233.
- *Desembocadura*. (2012). Consultado el 05 de enero de 2013, página web: <http://es.thefreedictionary.com/desembocadura>
- Díaz, J. (2012). *Problemática por la contaminación del agua*. México: México D. F.
- Domínguez, E., & Fernández, H. (2002). *Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos*. San Miguel de Tucumán: Argentina.
- Ecuador, Ministerio de Agricultura Ganadería Acuacultura y Pesca (2011). *República del Ecuador Mapa Nacional de Sub-Cuencas Hidrográficas*. Quito: MAGAP.
- Ecuador, Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo (2009). *Plan Nacional Para El Buen Vivir 2009-2013*. Quito: Autor.

- Encalada, A., Rieradevall, C., Ríos, B., García, N., y Prat, N. (2011). *Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos*. Quito:USFQ.
- *Enciclopedia de Salud y Psicología*. (2009). Tarragona: Classe Qsl.
- Escobar, J. (2002). *La contaminación del río y sus efectos en las áreas costeras y el mar*.Santiago de Chile: CEPAL.
- Espinoza, J. (2003). *Tratamiento y disposición final de residuos industriales generados en una refinería*. Perú: UNMSM.
- Galicia, M. (2009). *Generalidades de torres de enfriamiento de agua*. México: UNAM.
- Giannuzo, A. (2010). *Los estudios sobre el ambiente y la ciencia ambiental*. Santiago del Estero: Universidad Nacional de Santiago del Estero
- Gómez, C. (2010). *Conductividad de las disoluciones*. Valencia: España.
- Gómez, L. (2009). *Indicadores de la calidad del agua*. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Gómez, J. (2012). *Calidad del agua*. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- González, C. (2011). *Monitoreo de la Calidad del Agua: La Turbidez*. Mayagüez: Universidad de Puerto Rico.
- Goyenola, G. (2007). *Conductividad*. Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos
- Guerrero, P. (n.d.). *Comparación del pH de Diversas Soluciones*. New York: Mac Graw Hill.
- Guevara, A. (1996). *Métodos de análisis para la evaluación de la calidad del agua*. Lima: CEPIS.
- Herbas, R., Rivero, F., y Gonzales, R. (2006). *Indicadores Biológicos de calidad de agua*. Cochabamba: Universidad Mayor de San Simón.
- *Hidrocarburos*. (2007). Consultado el 8 de junio de 2012, página web: www.ciencia.glosario.net/ecotropia/hidrocarburos-9340.html
- Hodge, T. (2010). *Objetos que contienen bicarbonato*. Kentucky: University of Kentucky.
- Irnitano, F. (2013). *Los sistemas fluidos terrestres externos, impactos sobre la hidrósfera*. Sevilla: España.

- Jáimez-Cuellar P., Vivas S., Bonada N., y 16 autores, 2002. Protocolo GUADALMED (PRECE). *Limnética*, 21: 187-204.
- Lans, E., Marrugo, J., Díaz, B. (2012). *Estudio de la contaminación por pesticidas organoclorados en aguas de la ciénaga grande del valle bajo del río Sinú*. Córdoba: Universidad de Córdoba.
- Ley de aguas, Ro. 339 (2004), Título II Conservación de Agua (Cap.II) *De la Contaminación*.
- López, S., Nevels, D., y Kading, T. (n.d.). *Análisis de la calidad de agua en las microcuencas de los ríos Pacayacu y Sacha en la Amazonía Ecuatoriana*. Washington: UWB
- López, W. (2011). *Ensayo: Estudio del Rio Teaone Esmeraldas*. Consultado el 10 de junio de 2012, página web: www.buenastareas.com/ensayos/Estudio-Rio-Teaone-Esmeraldas/1389578.html
- Luna, U. (2013). *Impacto ambiental de jabones y detergentes*. México D.F.: México.
- *Macroinvertebrados*. (2011). Consultado el 10 de enero de 2013, página web: http://www.ambientum.com/enciclopedia/aguas/2.01.19.31_1r.html
- Martínez, J. (n.d.). *Estudio de la calidad de las aguas superficiales del río San Pedro*. Chimbote: USP.
- Medina, A. (2004). *Composición y abundancia de Chironomidae*. Mendoza: Argentina.
- Millones, E. (2003). *Marco de evaluación de impactos ambientales*. Perú.
- Montalvo, J. (2011). *Oxígeno disuelto y materia orgánica en cuerpos de aguas*. Cayo Coco: Cuba.
- Moreno, A. (2011). *El agua. Calidad y contaminación*. México D.F.: México.
- Ortíz, A. (n.d.). *Muestreo y preservación para coliformes fecales y huevos de helminto*. México D. F.: IMTA.
- *Oxígeno disuelto*. (2011). Consultado el 17 de noviembre del 2013, página web: http://www2.vernier.com/sample_labs/CMV-41-oxigeno_disuelto.pdf
- Palacios, A. (2014). *Concentración de elementos químicos en los principales ríos receptores de desechos mineros*. Huancayo: Perú.
- *Parámetros*. (2011). Consultado el 10 de enero de 2013, página web: <http://www.wordreference.com/definicion/par%C3%A1metro>

- Peñafiel, F. (2012). *Estudio de impacto ambiental definitivo del proyecto de generación eléctrica utilizando los residuos sólidos del cantón chone - 10,7 mw.* Manabí: Ecuador.
- *Propiedades de los hidrocarburos aromáticos.* (2012). Obtenido el 1 de agosto de 2012, página web:<http://www.facmed.unam.mx/deptos/salud/censenanza/spivst/2012/104-07.pdf>
- *Protéjase de las bacterias coliformes en el agua de su pozo.* (2009). Consultado el 1 de julio de 2012, página web:www.ncdhhs.gov/espanol/salud/wellwater-coliform%20bacteria.htm
- *Pruebas estadísticas.* (2012). Consultado el 05 de agosto de 2012, página web:<http://scientific-european-federation-osteopaths.org/>
- Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Anexo 2 /Tabla 4.
- Rizzardo, J. (2012). *Importancia del pH en arroyos y lagos.* Toledo: Mettler
- Rodríguez, A. (2002). *Caracterización de la calidad de las aguas y sedimentos del río Atacames.* Esmeraldas.
- Roldán, G. (2001). *Los macroinvertebrados y su uso como indicadores de la calidad del agua.* Medellín: Universidad de Antioquia.
- Romero, A., Flores, S. y Pacheco, W. (2010). *Estudio de la calidad de agua de la cuenca del río Santa.* Lima: UNMSM.
- Swanson, H.A., y Baldwin, H.L. (2014). *A primer on water quality.* New York: USGS.
- Terrell, C. y Bytnar, P. (1989). *Water Quality Indicators Guide. Surface Waters.* Washington: Autor.
- Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria. Libro VI-Anexo 1. *Criterios de la calidad de aguas para la preservación de flora y fauna en aguas dulces frías o cálidas.*
- Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria. Libro VI. Libro VI-Anexo 1 /Tabla 3.
- Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria. Libro VI-Anexo 1. *Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua*

- Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria. Libro VI. Libro VI-Anexo 1 /Tabla 12.
- Tufiño, P. y Paliz, M. (eds.). 2012. *Guía del Manual de campo para el Monitoreo de Macroinvertebrados acuáticos*. SENAGUA, SIMBIOE. Quito, Ecuador.
- Velázquez, M. (2013). *Ácidos, Bases, pH y Soluciones Reguladoras*. México D.F.: México.
- Vivas, S. (2003). *Aproximación multivariante en la exploración de la tolerancia ambiental de las familias de macroinvertebrados de los ríos mediterráneos*. Almería: España.
- Yugán, J. (2010). *Estudio de la calidad de agua en los efluentes de la microcuenca del río Blanco para determinar las causas de la degradación y alternativas de manejo*. Riobamba: ESPOCH.

3.2. ANEXOS

ANEXO 1.

Análisis en Campo

Primera Toma

Punto 1: Antes

- **Localidad: Sector del Puente – Camposanto “Jardines de la Paz”**

El muestreo en este sector se realizó el 7 de septiembre del 2013, a las 12:03 pm, en un tiempo estimado de 53 minutos y se obtuvieron estos resultados:

Extremo 1 (margen izquierdo)

Variables Físicas y Químicas

Turbidez: 7, 29 N.T.U. **pH:** 7,56
O₂: 10,02 mg/l **Conductividad:** 623 µS
T^a agua: 29, 5 °C **T^a ambiente:** 31, 4 °C

Centro del cauce

Variables Físicas y Químicas

Turbidez: 7, 32 N.T.U. **pH:** 7,45
O₂: 10,07 mg/l **Conductividad:** 619 µS
T^a agua: 29, 2°C **T^a ambiente:** 30, 9 °C

Extremo 2 (margen derecho)

Variables Físicas y Químicas

Turbidez: 7, 25 N.T.U. **pH :** 7,5
O₂: 10,01 mg/l **Conductividad:** 620 µS
T^a agua: 29, 7°C **T^a ambiente:** 31, 3 °C

Características del Cauce (en el tramo)

Granulometría: limo, arena

Otras observaciones (Ancho y Profundidad máxima)

- **Ancho:** 21 metros
- **Profundidad máxima:** 57 centímetros

Características del entorno

Orografía: Pendiente moderada del 0 – 3%

Geología: Lecho del río arenoso – grava, ribera del río arcilla.

Usos del terreno

Ribera: ribera del río poblada por vegetación como pasto, higuera, leguminosa rastrera, samán, caña brava y algarrobo en un 50 a 60 %.

Cuenca: es posible ver la presencia de leguminosa rastrera en un 5%. A la cuenca se le da uso domésticos (lavado de ropa) y de recreación. También se observa la presencia de plantaciones de plátano en un 4%.

Impactos

Cuenca intervenida, no existe gran cantidad de árboles, es de uso poblacional del sector para actividades recreativas y domésticas (lavado de ropa uso de detergentes) Presencia de desechos inorgánicos en la ribera y dentro del río.

Otros datos

Altura: 17 metros

Coordenadas (GPS): Punto Puente-Camposanto "Jardines La Paz"

17N 0645311

0100112

Punto 2: Durante

- **Localidad: Ciudadela "Propicia 4" - MTOP**

El muestreo en este sector se realizó el 7 de septiembre del 2013, a las 13:20 pm, en un tiempo estimado de 40 minutos, y se obtuvieron los siguientes resultados:

Extremo 1 (margen izquierdo)

Variables Físicas y Químicas

Turbidez: 5, 44 N.T.U. **pH:** 7,45

O₂: 6,23 mg/l **Conductividad:** 698 µS

T^a agua: 29, 6 °C **T^a ambiente:** 31, 7 °C

Centro del cauce

Variables Físicas y Químicas

Turbidez: 5,40 N.T.U. **pH :** 7,43
O₂: 6,21 mg/l **Conductividad:** 696µS
T^a agua: 29,4 °C **T^a ambiente:** 31,8 °C

Extremo 2 (margen derecho)

Variables Físicas y Químicas

Turbidez: 5,45 N.T.U. **pH :** 7,47
O₂: 6,25 mg/l **Conductividad:** 692µS
T^a agua: 29,2 °C **T^a ambiente:** 31,3 °C

Características del Cauce (en el tramo)

Granulometría: predomina la arena

Otras observaciones (Ancho y Profundidad máxima)

- **Ancho:** 19 metros
- **Profundidad máxima:** 61 centímetros

Características del entorno

Orografía: Ribera presenta curva

Usos del terreno

Ribera: se observa gran cantidad de algarrobo. Al margen izquierdo se puede observar sembríos de plátano y mango en una pequeña cantidad

Cuenca: sustrato arenoso con piedras de diferentes tamaños. El río aun es utilizado para actividades recreativas aunque en menor cantidad.

Impactos

Parte superior de la ribera urbanizada en ambos lados.

Tuberías de descargas directas de aguas servidas a la cuenca.

El río presenta un color negro lo que indica la falta de oxígeno en la zona lo que da paso a la presencia de gremios, que son pequeños gusanos de color rojo que se cargan de hemoglobina para soportar la falta de oxígeno.

Otros datos

Altura: 11 metros

Coordenadas (GPS): Punto Ciudadela "Propicia 4"

17 N 0647357
 0102269

Punto 3: Después

- **Localidad: Ciudadela "La Propicia 1"**

El muestreo en este sector se realizó el 7 de septiembre del 2013, a las 14:06 pm, en un tiempo estimado de 34 minutos, y se obtuvieron los siguientes resultados:

Extremo 1 (margen izquierdo)

Variables Físicas y Químicas

Turbidez: 13, 60 N.T.U. **pH :** 7,40
O₂: 6, 02 mg/l **Conductividad:** 799 μ S
T^a agua: 29, 8 ° C **T^a ambiente:** 31, 5 ° C

Centro del cauce

Variables Físicas y Químicas

Turbidez: 13, 40 N.T.U. **pH :** 7,43
O₂: 6, 05 mg/l **Conductividad:** 795 μ S
T^a agua: 29, 6 ° C **T^a ambiente:** 31, 4 ° C

Extremo 2 (margen derecho)

Variables Físicas y Químicas

Turbidez: 13, 70 N.T.U. **pH:** 7,41
O₂: 6, 07 mg/l **Conductividad:** 791 μ S
T^a agua: 29, 5 ° C **T^a ambiente:** 31, 2 ° C

Características del Cauce (en el tramo)

Granulometría: sustrato arenoso y limoso.

Otras observaciones (Ancho y Profundidad máxima)

- **Ancho:** 16 metros
- **Profundidad máxima:** 30, 5 metros

Características del entorno

Orografía: Presenta una pendiente plana

Usos del terreno

Ribera: Margen izquierdo de salida al río se encuentra algunas viviendas y algunos remanentes de vegetación. El margen derecho del río denota la presencia de vegetación como algarrobo, higuera, nigueto.

Es posible observar la construcción de un muro de gaviones para controlar las crecidas del río.

Cuenca: fondo arenoso con piedras de variados tamaños, las orillas y la cuenca se encuentran intervenidas donde el agua presenta un olor putrefacto.

Impactos

Uso exclusivo para asentamientos humanos, esta parte del río no se utiliza para actividades recreativas.

Otros datos

Altura: 12 metros

Coordenadas (GPS): Punto Ciudadela "La Propicia 1"

17N 0649207

0101814

Segunda Toma

Punto 1: Antes

- **Localidad:** Sector del Puente – Camposanto "Jardines de la Paz"

El muestreo en este sector se realizó el 07 de octubre del 2013, a las 08:01 am, en un tiempo estimado de 49 minutos y se obtuvieron estos resultados:

Extremo 1 (margen izquierdo)

Variables Físicas y Químicas

Turbidez: 7,41 N.T.U.

pH: 7,58

O₂: 11,05mg/l

Conductividad: 522 µS

T^a agua: 29,3° C

T^a ambiente: 31,7° C

Centro del cauce

Variables Físicas y Químicas

Turbidez: 7,39 N.T.U.

pH: 7,49

O₂: 11,07mg/l

Conductividad: 525 µS

T^a agua: 29,5° C

T^a ambiente: 31,5° C

Extremo 2 (margen derecho)

Variables Físicas y Químicas

Turbidez: 7,43 N.T.U.

pH: 7,50

O₂: 10,09mg/l

Conductividad: 520 μS

T^a agua: 29,9 °C

T^a ambiente: 31,3 °C

Características del Cauce (en el tramo)

Granulometría: limo, arena

Otras observaciones (Ancho y Profundidad máxima)

- **Ancho:** 20 metros
- **Profundidad máxima:** 80 centímetros

Características del entorno

Orografía: Pendiente moderada del 0 – 3%

Geología: Lecho del río arenoso – grava, ribera del río arcilla.

Usos del terreno

Ribera: ribera del río poblada por vegetación como samán y caña brava en un 3%, pasto, higuerilla, leguminosa rastrera, algarrobo en un 50 a 60 %.

Cuenca: es posible ver la presencia de leguminosa rastrera en un 5%. A la cuenca se le da uso domésticos (lavado de ropa) y de recreación, también se observa la presencia de plantaciones de plátano en un 4 %.

Impactos

Descarga de aguas residuales y de uso doméstico a la cuenca.

Otros datos

Altura: 17 metros

Coordenadas (GPS): Punto Puente-Camposanto "Jardines La Paz"

17N 0645311

0100112

Punto 2: Durante

- **Localidad: Ciudadela "Propicia 4 - MTOP"**

El muestreo en este sector se realizó el 07 de octubre del 2013, a las 09:00 am, en un tiempo estimado de 45 minutos, y se obtuvieron los siguientes resultados:

Extremo 1 (margen izquierdo)

Variables Físicas y Químicas

Turbidez: 15,37 N.T.U. **pH:** 7,03
O₂: 7, 14 mg/l **Conductividad:** 690 μS
T^a agua: 30°C **T^a ambiente:** 31, 8 °C

Centro del cauce

Variables Físicas y Químicas

Turbidez: 15,33 N.T.U. **pH:** 7,08
O₂: 7, 10 mg/l **Conductividad:** 693 μS
T^a agua: 32 °C **T^a ambiente:** 31, 5 °C

Extremo 2 (margen derecho)

Variables Físicas y Químicas

Turbidez: 15,29 N.T.U. **pH :**7,01
O₂: 7, 09 mg/l **Conductividad:** 689 μS
T^a agua: 29 °C **T^a ambiente:** 31, 6 °C

Características del Cauce (en el tramo)

Granulometría: arena, arcilla y limo.

Otras observaciones (Ancho y Profundidad máxima)

- **Ancho:** 25 metros
- **Profundidad máxima:** 1, 20 centímetros

Características del entorno

Orografía: Pendiente de 0 – 3 %

Geología: lecho del río predomina sustrato arenoso.

Usos del terreno

Ribera: se observa presencia de caña guadua en un 5%, gramíneas, pasto y caña brava en un 80%, neguito, higuera y nacedera.

Cuenca: esta parte de río recibe descarga directa de aguas servidas y residuales.

Impactos

Ribera del río urbanizada.

Descargas directas de tuberías de aguas servidas.

Presencia de un vertedero de basura en la ribera del río.

Agua de color negro y olor putrefacto debido a la falta de oxígeno.

Otros datos

Altura: 11 metros

Coordenadas (GPS): Punto Ciudadela "La Propicia 4"

17N 0647357

0102269

Punto 3: Después

- **Localidad:** Ciudadela "La Propicia 1"

El muestreo en este sector se realizó el 07 de octubre del 2013, a las 09:54 am, en un tiempo estimado de 44 minutos, y se obtuvieron los siguientes resultados:

Extremo 1 (margen izquierdo)

Variables Físicas y Químicas

Turbidez: 17,48 N.T.U.

pH: 6,54

O₂: 6,01 mg/l

Conductividad: 729 µS

T^a agua: 28,9 °C

T^a ambiente: 30,07 °C

Centro del cauce

Variables Físicas y Químicas

Turbidez: 17,40 N.T.U.

pH: 6,45

O₂: 6,11 mg/l

Conductividad: 725 µS

T^a agua: 28,7 °C

T^a ambiente: 30,09 °C

Extremo 2 (margen derecho)

Variables Físicas y Químicas

Turbidez: 17,43 N.T.U.

pH: 6,51

O₂: 6,08mg/l

Conductividad: 719 µS

T^a agua: 28,3 °C

T^a ambiente: 30,03 °C

Características del Cauce (en el tramo)

Granulometría: sustrato arenoso – limoso - arcilloso.

Otras observaciones (Ancho y Profundidad máxima)

- **Ancho:** 15 metros
- **Profundidad máxima:** 90centímetros

Características del entorno

Orografía: Presenta de 0 -3 %

Geología: ribera suelos arcillosos con acumulación de lodos.

Usos del terreno

Ribera: Presencia de pasto en un 10%, arboles de samán, guabo, limón mango en un 1%.

Margen izquierdo de salida al río se encuentra algunas viviendas y algunos remanentes de vegetación. El margen derecho del río denota la presencia de vegetación como algarrobo, higuera, neguito.

Una sola meseta de 0 -5 metros.

Cuenca: fondo arenoso con piedras de variados tamaños, las orillas y la cuenca se encuentran bastante intervenidos donde el agua presenta un olor putrefacto.

Impactos

Uso para asentamientos humanos, y actividades recreativas como pesca de camarón.

Otros datos

Altura: 12 metros

Coordenadas (GPS): Punto Ciudadela "La Propicia 1"

17N 0649207

0101814

Tercera Toma

Punto 1: Antes

- **Localidad: Sector del Puente – Camposanto “Jardines de la Paz”**

El muestreo en este sector se realizó el 07 de noviembre del 2013, a las 08:30 am, en un tiempo estimado de 35 minutos y se obtuvieron estos resultados:

Extremo 1 (margen izquierdo)

Variables Físicas y Químicas

Turbidez: 5,72 N.T.U.	pH: 7,91
O₂: 10,57mg/l	Conductividad: 638μ S
T^a agua: 25, 3 ° C	T^a ambiente: 24, 9 ° C

Centro del cauce

Variables Físicas y Químicas

Turbidez: 5,80 N.T.U.	pH: 7,89
O₂: 10,60mg/l	Conductividad: 633μ S
T^a agua: 25, 1°C	T^a ambiente: 24, 3 ° C

Extremo 2 (margen derecho)

Variables Físicas y Químicas

Turbidez: 5,69 N.T.U.	pH: 7,93
O₂: 10,55mg/l	Conductividad: 636μ S
T^a agua: 25, 8°C	T^a ambiente: 24, 7 ° C

Características del Cauce (en el tramo)

Granulometría: limo, arena

Otras observaciones (Ancho y Profundidad máxima)

- **Ancho:** 20 metros
- **Profundidad máxima:** 30 centímetros

Características del entorno

Orografía: Pendiente moderada del 0 – 3%

Geología: Lecho del río arenoso - grava, ribera del río arcilla.

Usos del terreno

Ribera: ribera del río con presencia de vegetación como pasto, higuerilla, leguminosa rastrera, algarrobo en un 50 a 60 %, gramíneas en un 40 %.

Cuenca: es posible ver la presencia de leguminosa rastrera en un 3 %. A la cuenca se le da uso domésticos (lavado de ropa) y de recreación.

Impactos

Descarga de aguas residuales y de uso doméstico a la cuenca.

Otros datos

Altura: 17 metros

Coordenadas (GPS): Punto Puente-Camposanto "Jardines La Paz"

17N 0645311

0100112

Punto 2: Durante

- **Localidad: Ciudadela "Propicia 4 - MTOP"**

El muestreo en este sector se realizó el 07 de noviembre del 2013, a las 09:10 am, en un tiempo estimado de 25 minutos, y se obtuvieron los siguientes resultados:

Extremo 1 (margen izquierdo)

Variables Físicas y Químicas

Turbidez: 6,13 N.T.U.

pH: 7,56

O₂: 6, 13 mg/l

Conductividad: 783 μS

T^a agua: 25,8°C

T^a ambiente: 25, 1 °C

Centro del cauce

Variables Físicas y Químicas

Turbidez: 6,09 N.T.U.

pH: 7,53

O₂: 6, 11 mg/l

Conductividad: 785 μS

T^a agua: 25, 6 °C

T^a ambiente: 25, 4 °C

Extremo 2 (margen derecho)

Variables Físicas y Químicas

Turbidez: 6,15 N.T.U. **pH:** 7,5
O₂: 6,17 mg/l **Conductividad:** 787 µS
T^a agua: 25,3 °C **T^a ambiente:** 25,2 °C

Características del Cauce (en el tramo)

Granulometría: arena, arcilla y limo.

Otras observaciones (Ancho y Profundidad máxima)

- **Ancho:** 26 metros
- **Profundidad máxima:** 45 centímetros

Características del entorno

Orografía: Pendiente de 0 – 3 %

Geología: lecho del río predomina sustrato arenoso y arcilloso.

Usos del terreno

Ribera: se puede constatar la presencia de gramíneas, pasto y caña brava en un 70 a 80%.

Cuenca: esta parte de río recibe descarga directa de aguas servidas y residuales.

Impactos

Tuberías de aguas residuales y servidas con descarga directa a la cuenca.

Presencia de un vertedero de basura en la ribera del río.

Otros datos

Altura: 11 metros

Coordenadas (GPS): Punto Ciudadela "La Propicia 4"

17N 0647357

0102269

Punto 3: Después

- **Localidad:** Ciudadela "La Propicia 1"

El muestreo en este sector se realizó el 07 de noviembre del 2013, a las 09:45 am, en un tiempo estimado de 25 minutos, y se obtuvieron los siguientes resultados:

Extremo 1 (margen izquierdo)

VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Turbidez: 10, 54 N.T.U.

pH: 7,54

O₂: 5, 01 mg/l

Conductividad: 822 μS

T^a agua: 26, 1° C

T^a ambiente: 25, 8° C

Centro del cauce

VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Turbidez: 10, 50 N.T.U.

pH: 7,57

O₂: 5, 06 mg/l

Conductividad: 824 μS

T^a agua: 26, 08° C

T^a ambiente: 25, 6° C

Humedad: 26%

Extremo 2 (margen derecho)

VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Turbidez: 10, 47 N.T.U.

pH: 7,51

O₂: 5, 10 mg/l

Conductividad: 820 μS

T^a agua: 26, 04° C

T^a ambiente: 25, 3° C

Características del Cauce (en el tramo)

Granulometría: presencia de sustrato arenoso - arcilloso.

Otras observaciones (Ancho y Profundidad máxima)

- **Ancho:** 15, 2 metros
- **Profundidad máxima:** 30centímetros

Características del entorno

Orografía: Pendiente de 0 -3 %

Geología: ribera suelos arcillosos con acumulación de lodos.

Usos del terreno

Ribera: Presencia de pasto en un 10%, arboles de samán y cítricos en un 1%.

Margen izquierdo de salida al río se encuentra algunas viviendas y algunos remanentes de vegetación. El margen derecho del río denota la presencia de vegetación como algarrobo, higuera, neguito.

Orillas con presencia de gran cantidad de lodo.

Cuenca: fondo arenoso con piedras de variados tamaños y presencia de sedimentos, el agua presenta un olor putrefacto.

Impactos

Presencia de una alta sedimentación.

Otros datos

Altura: 12 metros

Coordenadas (GPS): Punto Ciudadela "La Propicia 1"

17N 0649207

0101814

ANEXO 2.

**ENCUESTA SOBRE LA VULNERABILIDAD DE LA POBLACIÓN LOCAL
SEGÚN EL USO DEL AGUA DEL RÍO TEAONE.**

Ubicación del sector:

Barrio "La Propicia 1" Barrio "Cooperativa Teaone" Barrio "La Concordia"

1. Lleva usted viviendo en el lugar alrededor de:

1 a 5 años 5 a 10 años 5 a 15 años Más de 15 años

2. Tipo de construcción de la vivienda.

Madera Caña –Guadua Cemento
Mixta

3. ¿Cuántas personas viven en el domicilio?

1 a 4 4 a 6 6 a 8 Más de 8

4. Mujeres embarazadas en el domicilio

Sí No

5. ¿Cuenta usted con el servicio de agua potable y alcantarillado?

Sí No

6. ¿Utiliza usted el agua del río Teaone?

Sí No

7. ¿Qué uso le proporciona?

Consumo Uso doméstico
Para el aseo Uso recreativo Otros

8. ¿Se han realizado campañas de salud en el sector?

Sí No

9. ¿Con que frecuencia se las realiza?

Cada semana Cada mes
Cada año Cada 3 meses

10. ¿Tiene usted conocimientos sobre la contaminación del Río Teaone?

Sí No

11. Según su criterio ¿Cuál cree usted que es la mayor fuente de contaminación para este río?

Descarga aguas industriales y combustibles
Descarga de aguas residuales y servidas
Detergentes
Otros

12. Según su criterio la calidad del agua del Rio Teaone es :

Muy buena Buena Mala Pésima

13. ¿Cree usted que el Rio Teaone constituye una cuenca importante para la ciudad?

Sí No

14. Según su criterio la contaminación que presenta el agua de este río es:

Alta Media Baja

ANEXO 3.



Imagen I. Puente – “Jardines de La Paz” (sector denominado “antes”)



Imagen II. Puente – “Jardines de La Paz” (sector denominado “antes”)



Imagen III. Recolección de macroinvertebrados (sector "antes")



Imagen IV. Recolección de macroinvertebrados (sector "antes")



Imagen V. Ciudadela "La Propicia 4" (sector denominado "durante")



Imagen VI. Ciudadela "La Propicia 4" (sector denominado "durante")



Imagen VII. Recolección de muestras para macroinvertebrados Ciudadela "Propicia 4" (sector denominado "después")



Imagen VIII. Barrio "La Propicia 1" (Sector denominado "después")



Imagen IX. Toma de muestras para análisis en laboratorio barrio "La Propicia 4" (sector denominado "durante")



Imagen X. Toma de muestra para análisis en laboratorio (TPH).
Puente – "Jardines de La Paz" (sector denominado "antes")

