

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEDE ESMERALDAS



ESCUELA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

TESIS DE GRADO:
CARACTERIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS GENERADAS
EN LA PARROQUIA TACHINA DEL CANTÓN ESMERALDAS

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA EN GESTIÓN AMBIENTAL

AUTORA:
MARÍA VANESSA VEINTIMILLA ACOSTA

ASESOR:
BLG. 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

AUTORÍA

Yo María Vanessa Veintimilla Acosta, declaro que la presente investigación enmarcada en el actual trabajo de tesis es absolutamente original, auténtica y personal.

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

María Vanessa Veintimilla Acosta

C.I. 080345994-0

ÍNDICE

| | |
|--|-----|
| AUTORÍA..... | iii |
| LISTA DE FIGURAS..... | v |
| LISTA DE TABLAS..... | vi |
| INDICE DE ABREVIATURAS..... | vii |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 2. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 9 |
| 2.1. Cobertura de Alcantarillado..... | 10 |
| 2.2. Estimación del volumen de descarga de aguas residuales..... | 10 |
| 2.3. Estado Ecológico del Estero Tachina..... | 11 |
| 2.4. Calidad de aguas residuales entubadas..... | 17 |
| 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS | |
| 3.1. Cobertura de alcantarillado..... | 20 |
| 3.2. Estimación del volumen de descarga de aguas residuales..... | 21 |
| 3.3. Estado Ecológico del Estero Tachina..... | 23 |
| 3.4. Calidad de aguas residuales entubadas..... | 27 |
| 4. DISCUSIÓN..... | 29 |
| 5. CONCLUSIONES..... | 41 |
| 6. RECOMENDACIONES..... | 42 |
| 7. BIBLIOGRAFIA..... | 43 |
| ANEXOS..... | 48 |

LISTAS DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura #1: Explicación gráfica de fórmula de Manning..... | 10 |
| Figura #2: Mapa de puntos de muestreo de macroinvertebrados..... | 13 |
| Figura #3: Precipitaciones registradas durante el mes de Noviembre de 2014..... | 22 |
| Figura #4: Estanque de Estabilización de Desperdicios..... | 37 |
| Figura #5: Humedal Artificial de Flujo Superficial Libre..... | 38 |
| Figura #6: Humedal Artificial de Flujo Horizontal Subsuperficial..... | 39 |

LISTAS DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla #1: Puntuación de las Familias de macroinvertebrados según Zamora..... | 14 |
| Tabla #2: Rangos de valores para el índice BMWP..... | 16 |
| Tabla #3: Parámetros analizados en laboratorio obtenidos de la Tabla 12 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental..... | 19 |
| Tabla #4: Datos de Cobertura de Agua en Tachina..... | 20 |
| Tabla #5: Datos de capturas de macro invertebrados en Estero Tachina..... | 23 |
| Tabla #6: Valores obtenidos en función de familias presentes por muestras en el Estero Tachina..... | 24 |
| Tabla #7: Interpretación de calidad de agua mediante el índice BWMP para el Estero Tachina..... | 25 |
| Tabla #8: Resultados calidad de agua comunicados por el laboratorio seleccionado..... | 27 |
| Tabla #9: Matriz de valoración de los sistemas recomendados..... | 40 |

INDICE DE ABREVIATURAS

ARs: Aguas Residuales.

BMWP: Biological Monitoring Working Party.

DMA: Directiva Marco del Agua.

EAPA: Empresa de Agua Potable y Alcantarillado.

EAWAG: Instituto Federal Suizo de Ciencia y Tecnología Acuática.

EPT: Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera.

GAD: Gobierno Autónomo Descentralizado.

INOCAR: Instituto Oceanográfico de la Armada.

SAE: Servicio de Acreditación Ecuatoriano.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

SIISE: Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador.

TULAS: Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ecuador.

UNICEF: Fondo para la Infancia de las Naciones Unidas.

RESUMEN

CARACTERIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS GENERADAS EN LA PARROQUIA TACHINA DEL CANTÓN ESMERALDAS

El presente estudio tiene como objetivo caracterizar las aguas residuales domésticas generadas en la Parroquia Tachina. La investigación inició en julio del 2014 y finalizó en diciembre del mismo año enfocándose exclusivamente a casas conectadas al sistema de alcantarillado; trabajando con una población de 440 viviendas que representan el 44.8% del total.

Se estimó el volumen de las aguas residuales evacuadas por cañería mediante el método de Manning adecuado a las dimensiones de la tubería existente en el barrio 21 de noviembre de la parroquia Tachina. Se tomó una muestra del agua residual, la cual fue enviada al laboratorio para ser analizada bajo los criterios físicos químicos y microbiológicos de la tabla 12 del Texto Unificado de Legislación Ambiental Ecuatoriana, en la cual se establece los límites máximos permitidos para descarga a un cuerpo de agua dulce. Se realizó un muestreo en un tramo definido del Estero Tachina en el que se recolectaron muestras de macroinvertebrados, los cuales fueron empleados como bioindicadores de la calidad del agua; para ello se utilizó el índice BMWP (Biological Monitoring Working Party).

Luego del análisis de resultados se estaría generando 1.919,03 litros de aguas residuales al día proveniente de 440 viviendas conectadas a la red de alcantarillado de la parroquia, las mismas que sobrepasan los límites ambientales de descarga establecidos y que biológicamente se pueden interpretar como aguas contaminadas o muy contaminadas.

Habiéndose discutido la mala calidad del agua residual, resulta de importancia proponer alternativas para que la misma sea tratada antes de ser descargada al río Esmeraldas, por lo que se propuso tres posibles sistemas de tratamiento.

ABSTRACT

CHARACTERIZATION OF DOMESTIC WASTEWATER GENERATED IN THE TOWN OF TACHINA, CANTON ESMERALDAS.

The objective of the present study is to characterize domestic wastewater generated in the town of Tachina, Ecuador. The research began in July, 2014 and finished in December of the same year. It focuses exclusively on houses connected to the sewage system, working with a population of 440 homes, representing 44.8% of the entire town.

The volume of wastewater emptied through plumbing was estimated using the Manning method suitable to the dimensions of existing piping in the neighborhood “21 de Noviembre” in the town of Tachina. A sample of wastewater was taken and sent to the laboratory in order to be analyzed under the chemical and microbiological physical criteria from table 12 of the “Texto Unificado de Legislación Ambiental Ecuatoriana”, where the maximum permitted limits are established in order to unload a body of fresh water. A sample in a defined section was taken from the Estero Tachina, where samples of macro-invertebrates were recollected and used as biological indicators on the quality of the water, as per the index of the BMWP (Biological Monitoring Working Party).

Later in the analysis of the results there would be generated 1.919,03 liters of wastewater per day coming from the 440 homes connected the sewage network in the town. The same homes that overtake the established environmental limits of unloading and that biologically can be interpreted as contaminated, or very contaminated, water.

Having argued the poor quality of wastewater, it is concluded that alternatives must be proposed so that the wastewater is treated before unloading into the Esmeraldas River. Three possible treatment systems are proposed here.

1. INTRODUCCIÓN

Según el Diccionario de la Real Academia Española, en su primera acepción, el agua (del latín aqua) es definida como:

La sustancia formada por la combinación de un volumen de oxígeno y dos de hidrógeno, líquida, inodora, insípida, en pequeña cantidad incolora y verdosa o azulada en grandes masas. Es el componente más abundante en la superficie terrestre y más o menos puro, forma la lluvia, las fuentes, los ríos y los mares; es parte constituyente de todos los organismos vivos y aparece en compuestos naturales, y como agua de cristalización en muchos cristales (RAE, 2012).

En especial para el hombre el agua es el líquido en el que se produce el proceso de la vida y, de hecho, la supervivencia de las células depende de su capacidad para mantener el volumen celular y la homeostasia. A más de ser el componente más abundante en nuestro organismo, es fundamental también para prácticamente todas las funciones (Bossingham, 2005). Nuestro organismo al no ser capaz de sintetizarla en cantidades suficientes ni de almacenarla, debe ingerirla regularmente ya que el agua es un nutriente que debe formar parte de la dieta en cantidades mucho mayores que las de cualquier otro nutriente. Según Brian (1962), existen organismos capaces de vivir sin luz, incluso sin oxígeno, pero ninguno puede vivir sin agua y cito textualmente: «Un hombre puede vivir días sin comer, pero sólo unos 2-5 días sin agua».

Es normal entonces que desde el principio de la civilización, los seres humanos se asentaran en las riberas de los ríos, porque les garantizaba abastecimiento de agua. La historia muestra que las civilizaciones primitivas florecieron en zonas favorables para la agricultura, como las cuencas de los ríos por lo que deben su riqueza a la conexión con alguna gran vía de agua que favoreció su crecimiento y su prosperidad.

Producto del uso de estas cuencas se desarrollaron sistemas de drenajes que descargaban aguas ya empleadas hacia los ríos sin ningún tipo de cuidado u observación de parámetros ambientales, por lo que la influencia del hombre sobre las cuencas hidrográficas y muchos otros ecosistemas acuáticos han representado afectaciones a los mismos.

En asentamientos humanos, cuando se habla de agua, se habla de salud y de desarrollo. Según la Organización de las Naciones Unidas; la alimentación, la generalización de la higiene, la sanidad, la difusión de medicamentos y en general el desarrollo de la tecnología han sido decisivos para el fuerte crecimiento de la población mundial, que ha pasado de los casi 1000 millones en el año 1800 a más de 6000 millones en el 2000 y a unos 7000 millones a finales del 2011 (Población mundial, s.f.).

Bajo este contexto de acelerado crecimiento poblacional, los Objetivos del Nuevo Milenio han sido una de las herramientas más exitosas en la historia para luchar contra la pobreza a nivel mundial. Se han logrado avances significativos y sustanciales en muchos de los objetivos, incluyendo el de reducir a la mitad la cantidad de personas que viven en condiciones de pobreza extrema y el porcentaje de personas sin acceso sostenible a fuentes mejoradas de agua potable.

El Informe sobre Desarrollo Humano del año 2006 *“Poder, pobreza y la crisis mundial del agua”* reveló que el mundo se enfrenta a una crisis mundial del agua que radica en la pobreza, la desigualdad y las relaciones inequitativas de poder, así como en las políticas erradas de gestión del agua que agravan su escasez. Más de mil millones de personas se ven privadas del derecho al agua potable y 2.600 millones no tienen acceso a un saneamiento adecuado. Estas cifras reflejan tan solo una de las dimensiones del problema (Revista Latinoamericana de Desarrollo Humano HUMANUM, 2006).

Cada año mueren cerca de 1,8 millones de niños como consecuencia directa de la diarrea y otras enfermedades causadas por el agua cargada de agentes patógenos y por un saneamiento inadecuado. A comienzos del siglo XXI, el agua contaminada es la segunda causa de muertes infantiles en el mundo (Laclette & Zúniga, 2012).

De acuerdo con datos suministrados por el programa de monitoreo del abastecimiento de agua potable patrocinado en conjunto por la Organización Mundial de la Salud y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia UNICEF, el 87% de la población mundial, es decir, aproximadamente 5.900 millones de personas (marzo 2010), dispone ya de fuentes de abastecimiento de agua potable y casi el 39% de la población mundial, o sea más de 2600 millones de personas, carece de servicios de saneamiento mejorados (OMS/UNICEF, 2010).

“El derecho humano al agua”, declara el Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de las Naciones Unidas, otorga el derecho a todos al agua suficiente, segura, aceptable, físicamente accesible y asequible para uso personal y doméstico. Estos cinco atributos constituyen las bases para la seguridad del agua. Además, representan los parámetros de un derecho humano que se viola amplia y sistemáticamente en una gran parte de la humanidad (Global Food Safety, 2013)

A su vez, el agua es un recurso abundante para algunos y escaso para muchos, porque aunque dos terceras partes de la superficie de nuestro planeta están cubiertas por agua, apenas el 2.8% del agua total existente es agua dulce, con la restricción de que el 2.24% no es aprovechable por estar congelada en forma de glaciares y nieves perennes, el 0.60% está contenido en los poros de rocas y suelos formando acuíferos, y tan solo el 0.03% del agua total del planeta está disponible en fuentes superficiales de los cuales doscientos veintiún mil km³ son lagos y arroyos, 17 mil km³ son humedad atmosférica, y 14 mil km³ de agua están en el organismo de los seres vivos (Isola, 2002).

La Asamblea General de Naciones Unidas, aprobó el 28 de julio de 2010, en su sexagésimo cuarto período de sesiones, una resolución que reconoce al agua potable y al saneamiento básico como derecho humano esencial para el pleno disfrute de la vida y de todos los derechos humanos (Hernández, 2010). A pesar de que muchas personas piensan que el agua es un recurso inagotable, la realidad es otra y el problema aumenta ya que los índices de contaminación hídrica crecen exponencialmente y la calidad del recurso disminuye (Solón, 2010).

El concepto de calidad general del agua se refiere a la suma de la aptitud para los distintos usos que esta pudiera tener, de manera que una determinada masa de agua, tiene más o mejor calidad cuantos más usos permite. Este enfoque de gestión de la calidad del agua por usos se complementa hoy en día con el concepto integral de estado, introducido por la Directiva Marco del Agua de España. La cual especifica que el estado de una masa de agua se define como el grado de alteración que presenta respecto a sus condiciones naturales (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España, 2014).

El estado de las aguas superficiales es una expresión general del estado de una masa de agua determinado por el peor valor de su estado químico y ecológico. El estado químico es una expresión del grado de cumplimiento de las normas de calidad ambiental, establecidas reglamentariamente, de las sustancias peligrosas presentes en una masa de agua superficial y el estado ecológico es una expresión de la calidad de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos asociados a las aguas superficiales en relación con las condiciones de referencia, evidentemente este último no es muy aplicable en sistemas urbanos.

La legislación ecuatoriana no regula el estado ecológico del agua, más bien sus directrices se cimentan en los criterios de calidad de sus distintos usos ubicados en el Libro VI Anexo 1 (Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, 2003) dentro de los cuales encontramos:

Criterios de calidad para aguas destinadas al consumo humano y uso doméstico, previo a su potabilización.

Criterios de calidad para la preservación de flora y fauna en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios.

Criterios de calidad para aguas subterráneas.

Criterios de calidad para aguas de uso agrícola o de riego.

Criterios de calidad para aguas de uso pecuario.

Criterios de calidad para aguas con fines recreativos.

Criterios de calidad para aguas de uso estético.

Criterios de calidad para aguas utilizadas para transporte.

Criterios de calidad para aguas de uso industrial.

Ahora bien, evidentemente el uso de agua para diversas actividades humanas luego de ser empleada, implicará cambios en sus características pasando a denominarse agua residual, la misma tendrá distintas definiciones en función del marco legal de la jurisdicción correspondiente.

En el Ecuador, según el "Texto Unificado de Legislación Ambiental Ecuatoriano Libro VI Anexo 1 de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua", las aguas residuales son definidas como las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, que hayan sufrido degradación en su calidad original. En el mismo anexo 1 se define como aguas residuales domésticas a las aguas procedentes de zonas de vivienda y de servicios, generadas principalmente por el metabolismo humano y las actividades domésticas.

En nuestro país datos de la Secretaría Nacional del Agua (2010), indican que el 92% de las aguas residuales generadas se descargan en los cursos naturales sin tratamiento; y en el cantón Esmeraldas según el Diagnóstico Rural Participativo (2009) la carencia de sistemas de depuración de aguas residuales sumado al débil acompañamiento de las Juntas de Agua Potable a nivel rural son problemas bases dentro del Sistema de Saneamiento Ambiental.

En el artículo 6 de la Ley de prevención y control de la contaminación ambiental, capítulo II de la prevención y control de la contaminación de las aguas (2004) se promulga que queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos, las aguas residuales que contengan contaminantes que sean nocivos para la salud humana, a la fauna y a las propiedades.

Se sabe que las aguas residuales albergan microorganismos que potencialmente causan enfermedades, incluyendo virus, protozoos y bacterias (*Salmonella*, *E. Coli*, etc). Los organismos patogénicos pueden originarse en los individuos infectados o en animales domésticos o salvajes, los cuales pueden o no presentar señales de enfermedad.

Según Reynolds (2002) la diarrea y la gastroenteritis se encuentran entre las tres principales causas de muerte en el mundo y en la región latinoamericana. El agua no segura para beber y la contaminación a través del desecho inadecuado de aguas negras son responsables de la gran mayoría de estas muertes.

La contaminación del río Esmeraldas asociada a vertidos de aguas residuales domésticas constituye un serio problema sanitario – ambiental. De acuerdo al Diagnóstico Rural del Cantón Esmeraldas (2011) diariamente son vertidos 4257m³ de agua residual al río, sin respetar ningún tipo de norma ni control sobre dichas aguas, es decir que, lo que el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización en su artículo 55 literal **d** establece como competencia exclusiva del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal “*Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezcan la Ley*”, no se estaría llevando a cabo.

La Parroquia Tachina debido a la insuficiente capacidad del sistema u obstrucción de basura, entre otras causas cuenta con un sistema de alcantarillado colapsado según el Diagnóstico Rural del Cantón Esmeraldas, y no posee un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas.

Para poder proponer soluciones de tratamiento y disposición final apropiada de las aguas residuales domésticas generadas es necesario tener el conocimiento de las características físicas, químicas y biológicas de dichas aguas.

Mediante un análisis de laboratorio se puede evaluar la calidad del agua a fin de validar los resultados con la normativa ecuatoriana ambiental vigente descrita en el TULAS para este tipo de actividad. De igual manera es imprescindible conocer la cobertura del sistema de alcantarillado existente así como estimar el volumen de ARs generadas para tener una idea de las dimensiones necesarias a aplicar en el diseño del sistema de tratamiento.

Y sobre todo es importantísimo conocer el estado ecológico del cuerpo receptor de estas aguas residuales, para lo que habitualmente se emplean los macroinvertebrados como bioindicadores (Resh, 2008). Los macroinvertebrados son uno de los grupos más usados y aceptados en la evaluación de la calidad del agua, ya que responden a las alteraciones ocasionadas por actividades humanas en ecosistemas fluviales por diversas condiciones, entre las que se destacan a continuación de acuerdo a Bonada et al (2006) las siguientes:

- 1) Tienen una amplia distribución (geográfica y en diversos ambientes).
- 2) Son especies con una gran riqueza y confieren cantidad de respuestas a los diferentes gradientes ambientales.
- 3) Son sedentarios en su mayoría, lo que permite el análisis espacial de la contaminación.
- 4) En otros casos, gozan de la posibilidad de utilizar una reacción de huida (deriva) como indicador de contaminación.
- 5) En algunas especies, tienen largos ciclos de vida porque integra los efectos de la contaminación en el tiempo.
- 6) Pueden ser muestreados de forma sencilla y barata.
- 7) Poseen una taxonomía bien conocida a nivel de familia y género.
- 8) Demuestran una sensibilidad bien conocida de muchos taxa a diferentes tipos de contaminación.
- 9) Se usan muchas especies en estudios experimentales sobre los efectos de la contaminación.

En definitiva el presente trabajo tiene como objetivo general caracterizar el sistema de aguas residuales de esta parroquia y para esto, los objetivos específicos de esta investigación fueron:

- a) Actualizar datos sobre la cobertura del servicio de alcantarillado.
- b) Estimar el volumen de agua residual generada en la cabecera parroquial y su caracterización en términos físico – químicos y biológicos de las aguas residuales domésticas vertidas, y comparando los datos obtenidos con la norma vigente
- c) Observar la calidad de agua superficial en el estero que colinda a esta localidad y que pudiera verse afectada por aguas residuales en función de indicadores del estado ecológico de la misma.

A partir de esto se propondrá un sistema de tratamiento de aguas residuales como aporte del estudio hacia administradores de este sistema en favor de mejorar el saneamiento ambiental de la cabecera parroquial de Tachina.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

La parroquia Tachina está ubicada al norte del cantón Esmeraldas, en la vía que va de San Mateo hacia San Lorenzo, se encuentra a 7 kilómetros de distancia de la ciudad de Esmeraldas. Cuenta con una población estimada en 3983 habitantes y de acuerdo a datos proporcionados por el Gobierno Autónomo de la Parroquia Tachina el 26% de la población utiliza letrinas, el 39% utiliza el sistema de alcantarillado sanitario, existente en la parte central de la cabecera Parroquial y que actualmente se encuentra colapsado; y el recinto Las Piedras posee un sistema de pozo común, totalmente colapsado, estos dos sistemas de alcantarillado hacen sus descargas directas al Río Esmeraldas y al Océano Pacífico, no poseen ningún sistema de tratamiento de aguas servidas, y el 35% de la población no tiene ningún servicio de saneamiento de aguas.

La temperatura promedio de la zona es alrededor de 31,7 a 20,8 °C, con una precipitación media anual de 866,7mm. Según datos obtenidos de la estación de Tachina- Esmeraldas se concluye que la humedad relativa media registrada es del 79%, la velocidad de los vientos media es de 3,09m/s con dirección sur. Esta región bioclimática corresponde a la formación ecológica de bosque muy seco tropical y una de transición entre bosque muy seco tropical y bosque seco tropical.

El principal sistema hidrológico es la presencia del Río Esmeraldas que se divide en dos brazos a la altura de la Isla La burrera en San Mateo hasta llegar a la parroquia Tachina desembocando en el océano Pacífico y el accidente hidrográfico que bordea a la parroquia es el Estero Tachina, cuyo nacimiento se encuentra a una altitud de 194 metros sobre el nivel del mar.

En la presente investigación se aplicaron visitas de campo, adquisiciones de muestras de agua y biológicas y se analizó información recopilada desde encuestas; empleándose las siguientes técnicas para levantar y analizar información:

2.1. COBERTURA DE ALCANTARILLADO

Para determinar la cobertura del servicio de alcantarillado de la cabecera de la parroquia Tachina se analizaron datos del sistema Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador, (2012), el mismo que presenta datos parciales sobre este servicio por lo que fue necesario visitar a la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado de Esmeraldas para solicitar formalmente datos actualizados de este servicio para la parroquia en cuestión.

Paralelo a esta consulta, se realizaron 100 encuestas domiciliarias a casas seleccionadas al azar en el núcleo poblado principal para cuantificar las casas que se encontraban conectadas a la red de alcantarillado.

2.2. ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES

La estimación del volumen de las aguas residuales evacuadas por cañería fue realizada bajo el método de Manning (1989), que se observa en la figura 1.

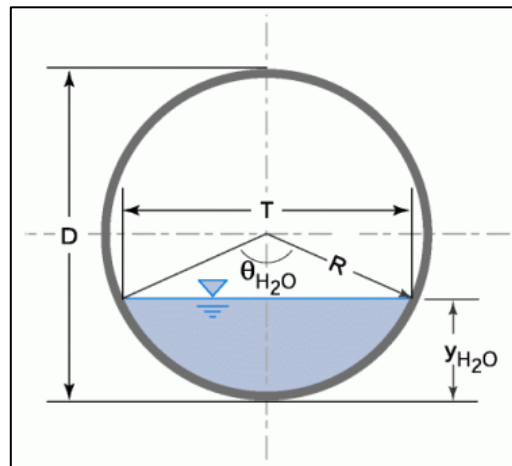


Figura1: Gráfica de Manning
Fuente: Manning (1989)

El mismo fue adecuado a las dimensiones de la tubería existente en el barrio 21 de Noviembre de la parroquia Tachina empleando las siguientes fórmulas:

$$\theta = 2 \operatorname{arc} \cos\left(1 - \frac{y}{R}\right)$$

Primero determinamos el ángulo theta donde y es el tirante o profundidad del agua medida desde el nivel de agua hasta el fondo de forma perpendicular y R es el radio de la tubería.

$$A = \frac{(\theta - \operatorname{sen} Q)D^2}{8}$$

Calculamos el Área Hidráulica Siendo D el diámetro de la tubería, luego calculamos el Perímetro mojado o Perímetro hidráulico:

$$P = \frac{D}{2}\theta$$

El radio hidráulico igual al Área Hidráulica sobre el Perímetro Hidráulico

$$R_{\square} = \frac{A}{P}$$

Entonces, la fórmula de Manning para calcular el caudal de aguas residuales es:

$$Q = \frac{1}{n}A \times R_{\square}^{2/3} \times \sqrt{l}$$

Donde n es el coeficiente de rugosidad de Manning en función del material de la tubería y l es la pendiente.

2.3. DETERMINACION DEL ESTADO ECOLOGICO DEL ESTERO TACHINA

El Estero Tachina al encontrarse bordeando la Parroquia Tachina según observación directa de recorridos efectuados al reconocer el área y posteriormente adquirir muestras biológicas; recibiría descargas de las casas ubicadas a lo largo de su formación y de igual manera descargas provenientes del sector agrícola y ganadero de la zona alta de esta pequeña micro cuenca.

Por lo tanto se realizó un muestreo en diferentes zonas del río utilizando al grupo de organismos denominados *MACROINVERTEBRADOS* como bioindicadores de la calidad del agua o estado ecológico del curso. Para ello el estero fue subdividido en dos zonas, la zona alta referente a la parte de la cabecera y la zona baja o desembocadura del cauce. En cada zona se tomaron 3 muestras el 16 de julio del 2014 por considerarse época lluviosa y aumentar el caudal del estero.

La recolección de muestras de macroinvertebrados se llevó a cabo con una red tipo Surber de 500 μm (micrómetros) de luz de malla (Barbour, 1999) siguiendo un muestreo semicuantitativo de tipo multihábitat. En el mismo se muestrea remontando el río (de aguas abajo hacia aguas arriba) y teniendo en cuenta el número de unidades de muestreo y la distribución en los tipos de hábitats, previamente definidos. En cada unidad de muestreo se lleva a cabo la remoción del sustrato situado en el medio metro delante de la boca de la red (Barbour, 1999). El esfuerzo de muestreo en cada punto fue de 3 minutos.

Siempre que fue posible, la muestra se procesó parcialmente en el campo utilizando para ello una batea de color blanco y limpiando las piedras, ramas y hojarasca con ayuda de unas pinzas. Una vez integradas las muestras, en el medio natural (in situ) fueron fijadas con alcohol etílico al 70% y transportadas al laboratorio.



Fotografía 1: Materiales de muestreo de macroinvertebrados

En el laboratorio se terminó de limpiar las muestras, las mismas que posteriormente fueron observadas utilizando una lupa binocular (10x). Los individuos fueron identificados hasta familia, nivel taxonómico que permite desarrollar los índices y parámetros utilizados para la evaluación de la calidad del sistema lotico mediante la clave dicotómica desarrollada por Martínez-Sanz, C., (2013).

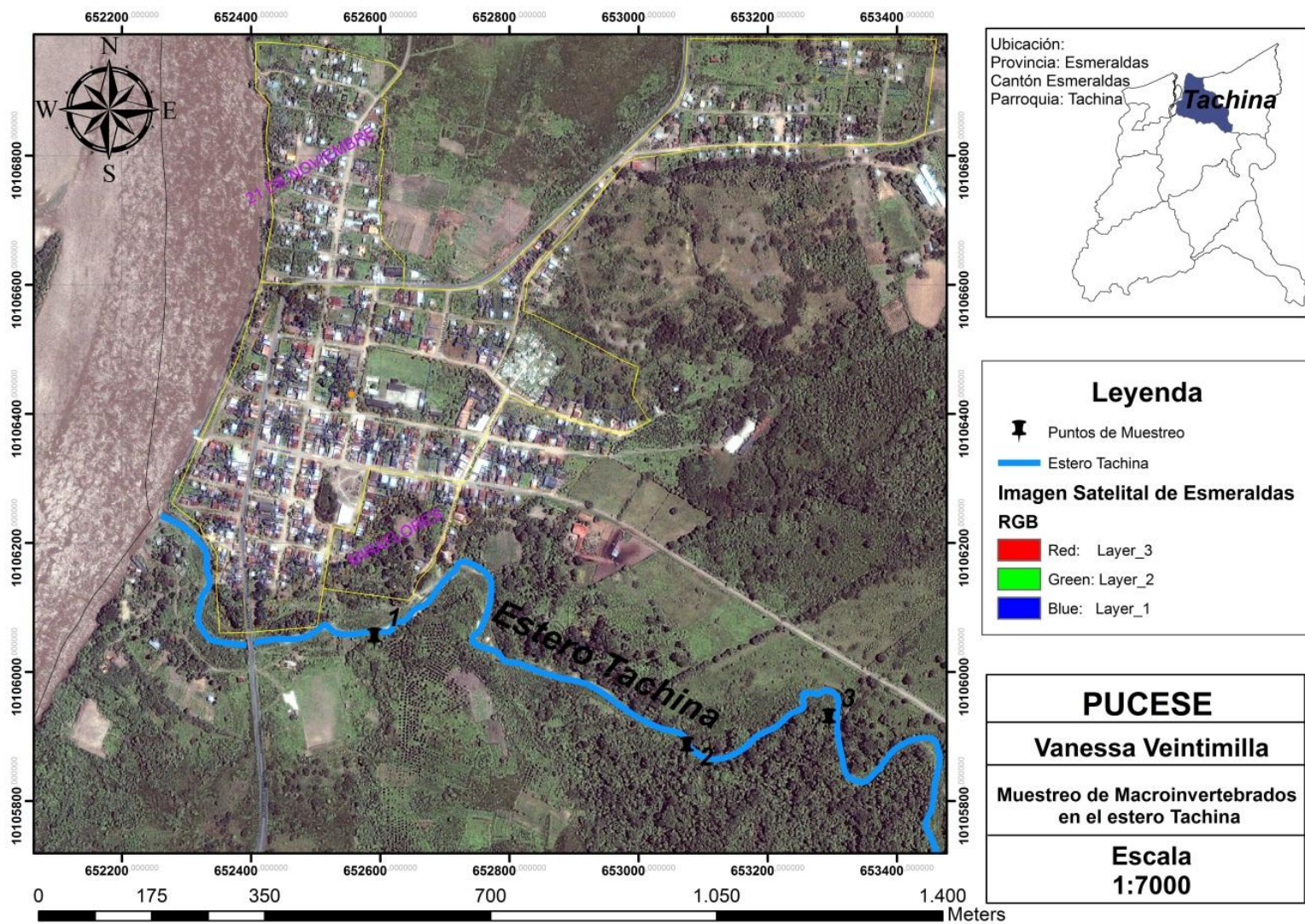


Figura 2: Mapa de puntos de muestreo de macroinvertebrados
Fuente: Elaboración propia

Los índices biológicos, como el análisis de macroinvertebrados, proporcionan una idea más integradora del sistema estudiado, de sus condiciones y de su calidad es decir su estado ecológico. Aunque existen otros índices para determinar el estado ecológico basados en el análisis de macroinvertebrados como el ETP de acuerdo a las siglas que se refieren a los órdenes Ephemoptera, Tricoptera y Plecoptera, considerado frecuentemente como un buen indicador de calidad de agua (Rosenberg & Resh 1993); para el presente estudio se seleccionó el índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), (Armitage, 1983) que es un índice cualitativo basado en la presencia o ausencia de una serie de taxones (familia) y en la sensibilidad a la contaminación de cada uno de esos taxones posee y que a diferencia del primero (ETP) puede ser aplicado en diferentes estaciones climáticas.

El procedimiento para la determinación del BMWP fue el siguiente:

- 1) Elaborar un listado de los taxones presentes en la muestra relativa a una estación.
- 2) Determinar cuál es el valor de sensibilidad a la contaminación que el índice asigna a cada uno de esos taxones. Estos están preestablecidos y se observan en la Tabla 1.

Tabla 1:

Puntuación de las Familias de macroinvertebrados

| Ordenes | Familias | Puntaje |
|----------------|--|----------------|
| Plecoptera | Perlidae | 10 |
| Ephemeroptera | Oligoneuridae, Euthyplociidae, Polymtarcyidae. | |
| Trichoptera | Odontoceridae, Glossosomatidae, Rhyacophilidae, Calamoceratidae, Hydroptilidae, Anomalopsychidae, Atriplectididae. | |
| | . | |
| Coleóptera | Psephenidae, Ptilodactylidae, Lampyridae | |
| Odonata | Polythoridae. | |
| Díptera | Blepharoceridae. | |
| Unionoida | Unionidae. (Cl: Bivalvia o Pelecypoda) | |
| Acari | Lymnessiidae. (Cl: Arachnoidae o Hidracarina) | |
| Hidroida | Hidridae. (Cl: Hydrozoa) | |
| Ephemeroptera | Leptophlebiidae, Efemeridae. | 9 |
| Trichoptera | Hydrobiosidae, Philopotamidae, Xiphocentronidae. | |
| Coleóptera | Gyrindae, Scirtidae. | |

| Ordenes | Familias | Puntaje |
|---|--|----------------|
| Odonata Díptera Gordioidae Lepidoptera Mesogastropoda Hirudiniformes | Gomphidae, Megapodagionidae, Coenagrionidae. Simullidae. Gordiidae, Chordodidae. Pylaridae. Ampullariidae. (Cl: Gastrópoda) Hirudinae. (Cl: Hirudinea) | |
| Ephemeroptera Trichoptera Coleóptera Odonata Hemiptera Díptera Decápoda Basommatophora | Baetidae, Caenidae. Hidropsychidae, Leptoceridae, Helicopsychidae. Dytiscidae, Dryopidae. Lestidae, Calopterygidae. Pleidae, Saldidae, Guerridae, Veliidae, Hebridae. Dixidae. Palemonidae, Psedothelpusidae. (Cl: Crustácea) Chilinnidae (Cl: Gastrópoda) | 8 |
| Ephemeroptera Trichoptera Coleóptera Odonata Hemiptera Díptera Basommatophora Mesogastropoda Archeogastrópoda | Tricorythidae, Leptohephidae. Polycentropodidae. Elmidae, Staphylinidae. Aeshnidae. Naucoridae, Notonectidae, Mesolveiidae, Corixidae. Psychodidae. Ancyliidae, Planorbidae. (Cl: Gastrópoda) Melaniidae, Hydrobiidae. (Cl: Gastrópoda) Netiridae (Cl: Gastrópoda) | 7 |
| Coleóptera Odonata Hemiptera Megaloptera Decápoda Anphipoda Triciada | Limnichidae, Lutrochidae. Libellulidae. Belostomatidae, Hidrometridae, Gelastocoridae, Nepidae. Dolichopodidae. Corydalidae, Sialidae. Atydae. (Cl: Crustácea) Hyalellidae. (Cl: Crustácea) Planariidae. Dugesiiidae. | 6 |
| Coleóptera Díptera Basommatophora | Chrysomelidae, Haliplidae, Curculionidae. Tabanidae, Stratiomyidae, Empididae. Thiaridae. (Cl: Gastrópoda) | 5 |
| Coleóptera | Hidrophilidae, Noteridae, Hydraenidae. | 4 |

| Ordenes | Familias | Puntaje |
|--------------------|--|---------|
| Díptera | Tipulidae, Ceratopogonidae. | |
| Basommatophora | Limnaeidae, Sphaeridae. (Cl: Gastrópoda) | |
| Díptera | Culicidae, Muscidae, Sciomizidae. | 3 |
| Basommatophora | Physidae. (Cl: Gastrópoda) | |
| Glossiphoniiformes | Glossiphoniidae, Cyclobselidae, Cylicobdellidae. | |
| Díptera | Chironomidae, Ephydriidae, Syrphidae. | 2 |
| Hepplotaxida | Todas las familias (Excepto tubifex) | |
| Hepplotaxida | Tubificidae (tubifex) | 1 |


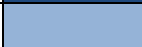




Fuente: Zamora, H. (1999)

Posteriormente se procede a sumar los valores de sensibilidad de todos los taxones presentes en la muestra colectada. El valor resultante es el índice BMWP, adaptado por Zamora, H. (1999) para latitudes cercanas (Colombia) al área de estudio.

- 3) El valor obtenido se ubica en los rangos de calidad establecidos por Alba-Tercedor et al., (2002) que se observan en la Tabla 2.

Tabla 2:

Rangos de valores para el índice BMWP

| Clase | Rango | Calidad | Características | Color |
|-------|---------|-------------|--------------------------------|---|
| I | ≥ 121 | Muy Buena | Aguas muy limpias |  |
| II | 101-120 | Buena | Aguas limpias |  |
| III | 61-100 | Aceptable | Aguas mediamente contaminadas |  |
| IV | 36-60 | Dudosa | Aguas contaminadas |  |
| V | 16-35 | Crítica | Aguas muy contaminadas |  |
| VI | ≤ 15 | Muy Crítica | Aguas fuertemente contaminadas |  |

Fuente: Alba-Tercedor et al., (2002).

2.4. CALIDAD DE AGUAS RESIDUALES ENTUBADAS

De acuerdo al documento Protocolo de monitoreo de la calidad de los Recursos Hídricos, producido por la Autoridad Nacional del Agua- DGCRH del Perú (2011), el lugar ideal para ubicar el punto de monitoreo de aguas residuales es exactamente antes de que la descarga ingrese a un cuerpo de agua (corriente natural).

En el mismo documento se especifica la definición de muestras compuestas que cita textualmente *“Se refiere a una combinación de muestras sencillas o puntuales tomadas en el mismo sitio durante diferentes tiempos. La mayor parte de las muestras compuestas en el tiempo se emplean para observar concentraciones promedio, usadas para calcular las respectivas cargas o la eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales”*.

El uso de muestras compuestas representa un ahorro sustancial en costo y esfuerzo del laboratorio comparativamente con el análisis por separado de un gran número de muestras y su consecuente cálculo de promedios. Para estos propósitos, se considera estándar para la mayoría de determinaciones una muestra compuesta que representa un período de 24 horas. Sin embargo, bajo otras circunstancias puede ser preferible una muestra compuesta que represente un cambio, o un menor lapso de tiempo, o periodo puntual durante el cual ocurren tales descargas.

Bajo este concepto el día 19 de noviembre del 2014 se obtuvo una muestra compuesta de agua residual tomada en la única saliente directa de la tubería de descarga con la finalidad de evaluarla antes de que llegue al cuerpo de agua receptor; siguiendo la Técnica de Muestreo descrita para Calidad del Agua NTE INEN 2 169:98.

Definiéndose como muestra compuesta ya que estuvo formada por una sola muestra de 1 litro de agua compuesta de cuatro submuestras de 250 cm³ obtenidas cada media hora en un lapso total de 4 horas las mismas que fueron mezcladas y de la cual se pudo obtener un resultado promedio de una característica determinada en un intervalo de tiempo.

La muestra fue tomada entre la 13h00 y 17h00 de la tarde en función de la tabla de mareas proporcionada por el INOCAR teniendo una quiebra de 0.88 metros de altura y debido a que a partir de la 13h00 se evidenció en visitas anteriores un aumento de caudal debido a actividades de limpieza doméstica y otras actividades cotidianas propias de la hora.

El procedimiento seguido consistió en llenar los frascos de vidrio ámbar y plásticos completamente y taparlos de tal forma que no exista aire en la muestra. Esto limita la interacción de la fase gaseosa y la agitación durante el transporte (así se evita la modificación del contenido de dióxido de carbono y la variación en el valor del pH), los envases totalmente estériles fueron proporcionados por el laboratorio de análisis seleccionado y en cada uno se anotó todos los detalles que ayuden a una correcta interpretación de los resultados (fecha y hora del muestreo, nombre de la persona que muestreó, tipo de análisis a realizarse), los recipientes donde se alojaron las muestras se mantuvieron en frío y fueron sellados de manera que no se deterioren o se pierda cualquier parte de ellos durante el transporte, completándose con una cadena de custodia para tal efecto.



Fotografías 2 y 3: Toma de muestra de agua residual

Las muestras fueron enviadas a un laboratorio acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano para análisis de parámetros establecidos en el marco legal ambiental ecuatoriano, específicamente la Tabla 12 del Libro VI Anexo 1 del TULAS, el mismo que establece los límites máximos permitidos para Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce, en este caso el río Esmeraldas. Los análisis solicitados se observan en la Tabla 3.

Tabla 3:

Parámetros analizados en laboratorio obtenidos de la Tabla 12, Libro VI, TULAS y métodos de análisis comunicados por el laboratorio.

| Parámetro | Límite Máximo Permisible Tabla 12 TULSMA | Método Adaptado de Referencia |
|---|---|--------------------------------------|
| <i>Físico Químico:</i> | | |
| Ph | 5 – 9 | SM 4500 H |
| Conductividad | N/A | EPA 9050 A |
| Sólidos Sedimentables | 1 | SM 2540 F |
| Sólidos Suspendedos Totales | 100 | SM 2540 D |
| Sólidos Totales Gravimétricos | 1600 | SM 2540 B |
| <i>Aniones y No Metales:</i> | | |
| Nitrato | N/A | EPA 300.1 |
| Nitrito | N/A | EPA 300.1 |
| <i>Parámetros Orgánicos:</i> | | |
| Aceites y Grasas | 0,3 | EPA 1664 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | 100 | SM 5210 B,D |
| Demanda Química de Oxígeno | 250 | SM 5220 D |
| <i>Parámetros Microbiológicos:</i> | | |
| Coliformes Fecales | Remoción > al 99,9 % | SM 9223 A,B |

Fuente: Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria Ecuatoriano.

3. ANALISIS DE RESULTADOS

3.1. COBERTURA DE ALCANTARILLADO

De acuerdo a datos obtenidos desde el portal web SIISE (2010), la parroquia Tachina tiene una cobertura del servicio de alcantarillado del 44.8 % de su población, sin embargo al realizar una entrevista a la EAPA, “El encargado de planificación y mapas de la Empresa no pudo proporcionar mayor información (mapas, sectorización de casas), debido a que no cuenta con una base de datos de su red de alcantarillado”. (Comunicación personal, 17 de noviembre de 2014); no obstante al ubicarse y observar el punto de descarga de aguas servidas, se constató que no existe ningún tipo de tratamiento alguno.

En la Tabla 4 se observan los datos obtenidos desde el portal SIISE.

Tabla 4:

Datos de Cobertura de Agua en Tachina

| Indicadores | N | % |
|---|----------|----------|
| Agua entubada por red pública | 807 | 82,2 |
| Agua entubada por red pública dentro de la vivienda | 371 | 37,78 |
| Red de alcantarillado | 440 | 44,8 |
| Sistemas de eliminación de excretas | 815 | 83 |
| Acceso a medios de eliminación de excretas | 3621 | 90,9 |

| | |
|----------------------------|------|
| Número de Viviendas | 982 |
| Población | 3983 |

Fuente: SIISE, 2010

3.2. ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES

De acuerdo a la fórmula de Manning y en función de las dimensiones de la tubería de salida del alcantarillado de Tachina se tiene para el cálculo del caudal Q:

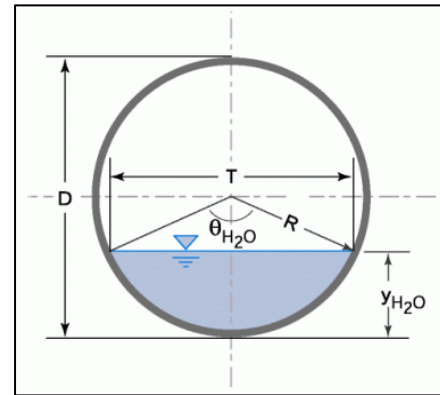
$$Q = 2 \operatorname{arc} \cos\left(1 - \frac{y}{R}\right)$$

$$Q = 2 \operatorname{arc} \cos\left(1 - \frac{21.2}{15.88}\right)$$

$$Q = 2 \operatorname{arc} \cos(-0.34)$$

$$Q = 3.84 \operatorname{rad}$$

$$A = \frac{(Q - \operatorname{sen} Q)D^2}{8}$$



$$A = \frac{(3.84 - \operatorname{sen} 3.84)31.75^2}{8}$$

$$A = \frac{(4.48)31.75^2}{8}$$

$$A = 564.89P = \frac{D}{2}Q$$

$$P = \frac{31.75}{2}3.84$$

$$P = 60.96$$

$$R_{\square} = \frac{A}{P}$$

$$R_{\square} = \frac{564.89}{60.96}$$

$$R_{\square} = 9.27$$

$$Q = \frac{1}{n} A \times R \times \frac{2}{3} \times \sqrt{i}$$

$$Q = \frac{1}{0.09} 564.89 \times 9.27 \frac{2}{3} \times \sqrt{1.76}$$

Q = 1919.03 l de agua servida por día

Es importante destacar que este caudal fue obtenido en una fecha carente de lluvias (Figura 3), en la estación seca por lo que probablemente este sistema colapse o incremente considerablemente su caudal en fechas de la etapa invernal.

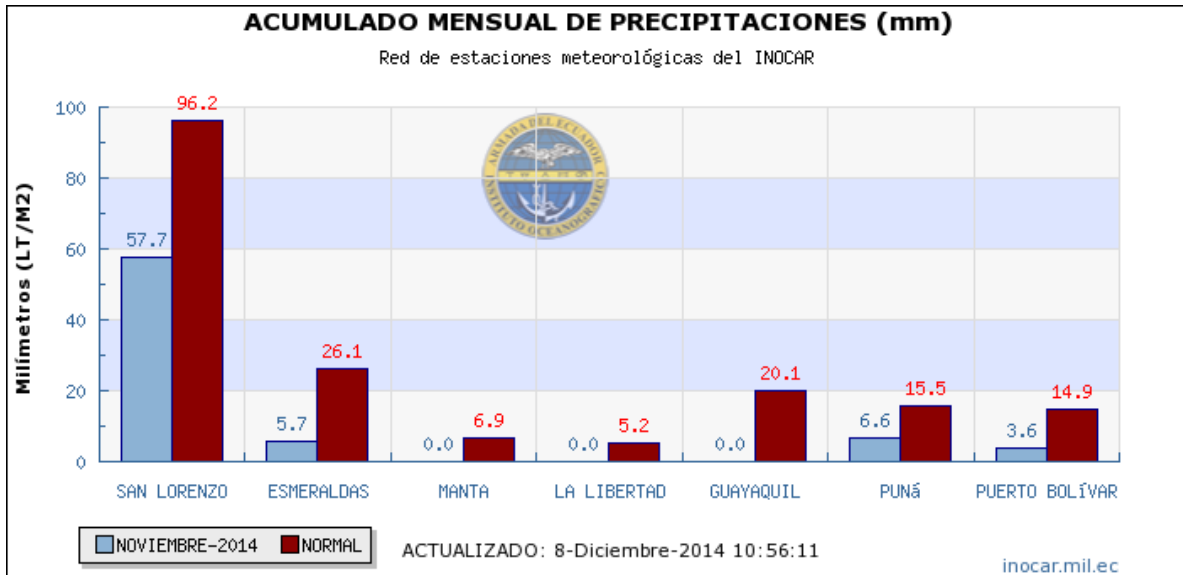


Figura 3: Precipitaciones registradas durante el mes de Noviembre del 2014

Fuente: Tomado de www.inocar.mil.ec

3.3. DETERMINACIÓN DEL ESTADO ECOLÓGICO DEL ESTERO TACHINA

De acuerdo al análisis de muestras de macro invertebrados levantadas, se tuvo como resultado una calidad de agua categorizada entre dudosa y crítica en el tramo muestreado del estero Tachina.

Los especímenes capturados en cada estación de análisis se observan en la Tabla 5

Tabla 5:

Datos de capturas de macro invertebrados en Estero Tachina

| Taxones | TACHINA | | |
|---------------------------|---------|---------|---------|
| | Punto 1 | Punto 2 | Punto 3 |
| O. Basommatophora | | | |
| <i>F. Thiaridae</i> | 19 | 24 | 5 |
| O. Mesogastropoda | | | |
| <i>F. Hydrobiidae</i> | 2 | | |
| O. Decápoda | | | |
| <i>F. Palaemonidae</i> | 4 | | |
| O. Ephemeroptera | | | |
| <i>F. Leptophlebiidae</i> | 5 | 3 | 4 |
| <i>F. Leptohyphidae</i> | 9 | 65 | 10 |
| <i>F. Baetidae</i> | 2 | 3 | |
| O. Coleoptera | | | |
| <i>F. Elmidae</i> | | 2 | 2 |
| <i>F. Psephenidae</i> | 1 | | |
| O. Trichoptera | | | |
| <i>F. Hydropsychidae</i> | | 1 | |
| O. Diptera | | | |
| <i>F. Chironomidae</i> | 2 | 4 | |
| <i>F. Ceratopogonidae</i> | 1 | | |

Fuente: Elaboración propia.

En función de la presencia de familias en cada estación se procede a valorizar puntos para el cálculo del índice BMWP como se observa en la Tabla 6.

Tabla 6:

Valores obtenidos en función de familias presentes por muestras en el Estero Tachina.

Calificación por taxón según el índice BWMP

| PUNTOS | TACHINA | | |
|---------------------------|---------|---------|---------|
| | Punto 1 | Punto 2 | Punto 3 |
| O. Basommatophora | | | |
| <i>F. Thiaridae</i> | 5 | 5 | 5 |
| O. Mesogastropoda | | | |
| <i>F. Hydrobiidae</i> | 7 | | |
| O. Decápoda | | | |
| <i>F. Palaemonidae</i> | 8 | | |
| O. Ephemeroptera | | | |
| <i>F. Leptophlebiidae</i> | 9 | 9 | 9 |
| <i>F. Leptohyphidae</i> | 7 | 7 | 7 |
| <i>F. Baetidae</i> | 8 | 8 | |
| O. Coleoptera | | | |
| <i>F. Elmidae</i> | | 7 | 7 |
| <i>F. Psephenidae</i> | 10 | | |
| O. Trichoptera | | | |
| <i>F. Hydropsychidae</i> | | 8 | |
| O. Diptera | | | |
| <i>F. Chironomidae</i> | 2 | 2 | |
| <i>F. Ceratopogonidae</i> | 4 | | |

Fuente: Elaboración propia.

En función de los valores obtenidos, en la Tabla 7 se tiene la siguiente interpretación de la calidad de aguas del Estero Tachina.

Tabla 7:
Interpretación de calidad de agua mediante el índice BWMP para el Estero Tachina

| Cuerpo de Agua | | BMWP | Interpretación | Calidad del Agua |
|----------------|---------|------|------------------------|------------------|
| Tachina | Punto 1 | 56 | Aguas contaminadas | Dudosa |
| | Punto 2 | 50 | Aguas contaminadas | Dudosa |
| | Punto 3 | 28 | Aguas muy contaminadas | Crítica |

Fuente: Elaboración propia

Las familias colectadas en el muestreo se pueden observar en las siguientes fotografías 4 a 15 a continuación:



Fotografía 4: *F. Hydrobiidae*



Fotografía 5: *F. Thiariidae*



Fotografía 6: *F. Palaemonidae*



Fotografía 7: *F. Leptophlebiidae*



Fotografías 8 y 9: *F. Elmidae* (larva y adulto)



Fotografía 10: *F. Leptohiphididae*



Fotografía 11: *F. Psephenidae*



Fotografía 12: *F. Chironomidae*



Fotografía 13: *F. Ceratopogonidae*



Fotografía 14: *F. Baetidae*



Fotografía 15: *F. Hydropsychidae*

3.4. CALIDAD DE AGUAS RESIDUALES ENTUBADAS

Los resultados de la muestra de agua compuesta enviada al laboratorio es observan en la Tabla 8.

Tabla 8:

Resultados de calidad de agua comunicados por el laboratorio seleccionado

| Parámetro | Resultado | Límite Máximo Permisible Tabla 12 TULSMA | Método Adaptado de Referencia |
|-------------------------------|------------|--|-------------------------------|
| <i>Físico Químico:</i> | | | |
| Ph | 7 | 5 – 9 | SM 4500 H |
| Conductividad | 867 | N/A | EPA 9050 A |
| Sólidos Sedimentables | 5 | 1 | SM 2540 F |
| Sólidos Suspendidos Totales | 146 | 100 | SM 2540 D |
| Sólidos Totales Gravimétricos | 823 | 1600 | SM 2540 B |
| <i>Aniones y No Metales:</i> | | | |
| Nitrato | <0,1 | N/A | EPA 300.1 |
| Nitrito | <0,1 | N/A | EPA 300.1 |

| Parámetro | Resultado | Límite Máximo Permisible Tabla 12 TULSMA | Método Adaptado de Referencia |
|------------------------------------|-------------------|---|--------------------------------------|
| <i>Parámetros Orgánicos:</i> | | | |
| Aceites y Grasas | 0,4 | 0,3 | EPA 1664 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | 163 | 100 | SM 5210 B,D |
| Demanda Química de Oxígeno | 647 | 250 | SM 5220 D |
| <i>Parámetros Microbiológicos:</i> | | | |
| Coliformes Fecales | >110000 | Remoción > al 99,9 % | SM 9223 A,B |

Fuente: Laboratorio Acreditado

4. DISCUSIÓN

La Parroquia Tachina debido a la insuficiente capacidad del sistema u por la obstrucción con basura, entre otras causas cuenta con un sistema de alcantarillado colapsado según el Diagnóstico Rural del Cantón Esmeraldas, esto agrava la situación de cobertura del servicio que de acuerdo a datos obtenidos del SIISE 2010 indican que tan solo el 44,8% de su población tiene cobertura al servicio de alcantarillado. De acuerdo a datos levantados en la presente investigación se estarían generando 1.919,03 litros de aguas residuales al día provenientes de 440 viviendas conectadas a la red de alcantarillado de la parroquia Tachina de un total de 982 viviendas.

El estudio estuvo enfocado exclusivamente a casas conectadas al sistema de alcantarillado para optimizar el análisis de laboratorio al mayor número de casas posibles integradas en una sola muestra de agua (83 viviendas de 440 conexiones teóricas).

En la cabecera de la parroquia Tachina se vierten estas aguas directamente al río sin mediar tratamiento alguno. Esta situación podría afectar a otras actividades de importancia económica como es el desarrollo de emprendimientos turísticos del recién estrenado Malecón de Tachina, ya que pudiera en algún momento generar malos olores y exponer a agentes contaminantes a recursos pesqueros que probablemente sean consumidos por sus propios habitantes como moluscos bivalvos como conchas que se extraen, aunque en pequeña cantidad en el sector Las Piedras.

La cobertura de alcantarillado en la Parroquia de Tachina es una necesidad prioritaria, no solo por su falta de cobertura, sino porque algunos establecimientos concentran la necesidad de saneamiento; según datos proporcionados por el Ministerio de Educación en el 2010 se contaba con 1.506 alumnos distribuidos en 13 instituciones educativas de distinto nivel de las cuales según investigación en campo solo dos planteles educativos manifiestan estar conectados a la red de alcantarillado y poseen un total de 98 alumnos, lo que demuestra que alrededor del 93,5% de alumnos de los demás planteles estarían generando descargas en pozos sépticos, pozos ciegos, letrinas, etc.

En nuestra provincia aunque los gobiernos municipales tienen la competencia sobre el tema de aguas residuales y monitoreo de calidad de agua de los cuerpos de agua, múltiples factores generan que en la práctica esta asignación no se esté cumpliendo, siendo probablemente la mayor dificultad para enfrentar estos procesos, la falta de recursos y por ende de levantamiento de información técnica.

Técnicos que laboran en la Empresa de Agua Potable y Saneamiento para el presente trabajo supieron expresar que no existen planos, mapas, información en general que indique la cantidad y la ubicación exacta de la infraestructura conectada a la red de alcantarillado, lo único que se conoce es la ubicación del único punto de descarga de las mismas.

Este panorama empeora cuando se analiza el servicio de agua potable. El 39% de la población de esta parroquia estaría conectada al ramal norte de la EAPA San Mateo pero el 61% de la población no tendría acceso a sistema alguno de agua potable de acuerdo a testimonios de funcionarios del GAD Parroquial, lo que significa que en la práctica para que la gente se abastezca de agua tienes dos opciones; pagar un dólar mensual para los sistemas con llave comunitaria o 5 dólares para sistemas con red de distribución justificándose en la buena calidad del producto.

Entre el desabastecimiento de agua potable y la contaminación de los cuerpos de agua cercanos a su comunidad, los habitantes son los únicos perjudicados. El perfil de morbilidad reportado por el Ministerio de Salud Pública (2004) en la provincia de Esmeraldas, medido por el número de casos reportados en aquellas enfermedades objeto de vigilancia epidemiológica y de notificación obligatoria, muestra la persistencia de enfermedades típicas del subdesarrollo, siendo lo más revelador la alta incidencia de las infecciones respiratorias agudas que llega a representar el 39.64 % del total de casos reportados, seguido de la malaria y las enfermedades diarreicas con el 32.54 y 13.57 % respectivamente. No fue posible obtener información específica sobre la salud para la parroquia Tachina, por no contar con mayores niveles de desagregación en la información disponible.

Sin embargo, según el levantamiento de información realizado para el presente trabajo; de 100 encuestas realizadas el 67% alguna vez presentó molestias gastrointestinales y diarreicas asociadas a la ingesta de agua no segura.

En base al análisis de la muestra de agua residual enviada al Laboratorio podemos ver como los resultados superan los Límites Máximos Permisibles de Descarga descritos en la Tabla 12 Libro VI Anexo 1 del TULAS. Así, dentro de los parámetros físico-químicos el pH tiene un rango de 5-9, encontrándose un pH neutro (que es como se llama al $\text{pH}=7$). El pH es muy importante para determinar la tratabilidad biológica del agua, ya que los microorganismos presentan una tolerancia muy pequeña para los cambios de pH.

La medida del pH por sí misma no indica si el agua posee impurezas, ya que un agua residual puede estar muy cargada y tener un pH neutro (Ramalho, 1996). La conductividad encontrada fue de 867μ Siemens/cm, esta medida indica la facilidad con la que la corriente eléctrica pasa a través del agua residual. Puesto que el agua pura es muy mala conductora de la corriente eléctrica (0.055μ Siemens/cm), las conductividades elevadas indican la presencia de impurezas, y más concretamente de sales disueltas. El valor considerable que da como resultado del análisis podría asociarse también a la infiltración de agua del mar principalmente en agujajes ya que conocemos que Tachina se encuentra próxima al margen costero y podría ocurrir mezcla por mareas, para la toma de la muestra se trabajó con una quiebra de marea de 0.88m, lo que disminuye la filtración de agua marina al momento de la toma.

Los sólidos disueltos pueden afectar adversamente la calidad de un cuerpo de agua o un efluente de varias formas; las aguas para el consumo humano, con un alto contenido de sólidos disueltos, son por lo general de mal agrado para el paladar y pueden inducir una reacción fisiológica adversa en el consumidor. Por esta razón los análisis de sólidos disueltos son también importantes como indicadores de la efectividad de procesos de tratamiento biológico y físico de aguas usadas.

Según un estudio desarrollado en la Universidad del Tolima-Colombia 2012, muestras de aguas residuales provenientes del restaurant de la universidad fueron analizadas estimándose sus niveles de sólidos disueltos teniendo por resultado 61mg/L y con respecto a los valores máximos permitidos de su normativa para agua de consumo (500mg/L) estaría dentro del rango aceptable, sin embargo al criterio del recolector de la muestra esta afirmación no sería posible, puesto que el agua presentaba un color claro con una película viscosa en su superficie y además de esto, manifestaba un mal olor que le indicó que el

agua presenta nutrientes, ya que las bacterias anaerobias utilizan estos nutrientes para realizar sus funciones metabólicas en las cuales producen gases, uno de estos es el sulfuro de hidrogeno y es el causante de un olor como a huevo podrido.

La suma de sólidos sedimentables y no sedimentables nos da el total de sólidos en suspensión. La suma de sólidos en suspensión y sólidos disueltos nos da los sólidos totales presentes en el agua residual. Con los resultados obtenidos en la presente investigación se tendría 141 mg/L de sólidos no sedimentables.

Los sólidos disueltos comprenden a todas las sustancias que se encuentran disueltas en el agua, no se pueden determinar de una forma directa, sino que tendremos que calcular su cantidad numéricamente restando a los sólidos totales los sólidos en suspensión. De acuerdo a los resultados comunicados por el laboratorio escogido, el agua residual de Tachina tendría un nivel de $823\text{mg/L (totales)} - 146\text{mg/L (suspendidos)} = 677\text{mg/L}$ de sólidos disueltos. El alto nivel de sólidos evidencia que no hay un previo tratamiento del agua residual.

Ahora bien, los habitantes de Tachina estarían utilizando el agua del río directamente para su consumo y uso doméstico, situación confirmada por testimonio de los habitantes y la observación directa durante la realización del presente estudio, sin embargo el agua del cuerpo receptor no fue analizada en el presente estudio y sería sumamente difícil de identificar todas las fuentes que alterarían este gran curso de agua, que constituye la segunda cuenca hidrográfica a nivel nacional y seguramente el efecto de esta descarga sería mínimo y tendría una muy corta estela de afectación.

Una situación distinta se daría si la descarga fuera hacia el modesto estero Tachina, ya que los sólidos en suspensión pueden conducir al desarrollo de depósitos de fango y de condiciones anaerobias cuando se vierte agua residual sin tratar al entorno acuático. La mayoría de los sólidos en suspensión son orgánicos y son los que dan lugar al aumento de turbidez en las aguas receptoras lo que podría causar entre otras cosas la disminución del paso de la energía solar, el aumento del color, variación de la solubilidad del oxígeno, depósitos sobre branquias de los peces, depósitos sobre el fondo del cauce receptor

favoreciendo la aparición de condiciones anaerobias, sin embargo por el caudal del Río Esmeraldas para que se den estos efectos el volumen de descarga debería ser mayor.

Los resultados de laboratorio indican un total de 146mg/L de sólidos suspendidos totales sobrepasando el límite de la normativa ambiental de la tabla 12 que es 100mg/L lo que sugiere que la flora existente en esta zona podría estar siendo afectada.

Para sólidos sedimentable el límite es 1ml/L y la muestra se encuentra en 5 ml/L, sin embargo los sólidos totales se encuentran dentro del rango 823mg/L de 1600mg/L. Dependiendo de la concentración de sólidos la velocidad de las reacciones químicas y bioquímicas se incrementan considerablemente con el aumento de temperatura esto quiere decir que en el momento en que se sufra un alza en ella el entorno en el que se encuentre el agua residual o quien la consuma se verá afectado ya que hay formación de nuevos compuestos que en un momento pueden llegar a ser tóxicos bien sea para el ambiente o para los seres vivos que consuman el agua, tenemos también que la solubilidad de gases comienza a disminuir y la solubilidad mineral aumenta con la temperatura, así como las tasas de crecimiento y respiración de los organismos acuáticos que allí encontremos aumentaran o disminuirán.

Por otra parte, el exceso de nutrientes en el agua ayuda en el crecimiento de las plantas y otros organismos que cumplirán su ciclo de vida. En su desarrollo consumen una gran cantidad del oxígeno disuelto lo que lleva a la mala calidad de las aguas teniendo como resultado final un ecosistema eutrofizado. Al hablar de nutrientes se hace mención a nitrato y nitritos básicamente, los cuales son parámetros regulados con un máximo permisible de 10 mg/L.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) incluye a los nitratos entre los componentes del agua que pueden ser nocivos para la salud. Serían peligrosos en concentraciones superiores a 50 mg/l. El efecto perjudicial de los nitratos se debe a que por acción bacteriana se reducen a nitritos en el estómago, éstos pasan a la sangre y son responsables de la formación de metahemoglobina en sangre, que disminuye la capacidad de oxigenación. En cuanto a los nitritos es recomendable su ausencia en un agua de consumo;

y como nivel máximo tolerable hasta 0,1 mg/L. Cantidades superiores a ésta hacen suponer que el agua es rica en materia orgánica en vía de oxidación.

Los análisis del laboratorio muestran una presencia $< 0,1\text{mg/L}$ (nitrato y nitrito) estando lejos del límite establecido, sin embargo es conocido que el nitrógeno es un elemento tóxico para los peces. La Directiva Europea, fija la concentración máxima en nitrito en el agua apta para la vida piscícola en $0,03\text{ mg/L}$. Si bien cumple con la normativa para descarga de efluentes a un cuerpo de agua dulce, por otro lado nuestra normativa de calidad ambiental en su Tabla 3 Criterios de calidad admisible para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, no califica los compuestos nitrogenados, siendo este un tema que cobra mayor importancia día a día, considerándose a la depuración de nitratos y fosfatos en cuerpos de agua receptores, un servicio ambiental que ya es valorizado económicamente en algunas jurisdicciones.

Dentro de los parámetros orgánicos fue analizada la presencia de aceites y grasas la cual no permiten el libre paso del oxígeno hacia el agua, ni la salida del CO_2 del agua hacia la atmósfera; lo que podría llegar a producir la acidificación del agua. El análisis muestra $0,4\text{mg/L}$ siendo el límite $0,3\text{mg/L}$, siendo la principal fuente aportadora de grasas y aceites el uso doméstico del agua.

Siguiendo con el análisis de compuestos orgánicos, cuando esta se vierte directamente al medio ambiente sin depurar su materia orgánica, la misma es responsable de la degradación que se aprecia en las corrientes de agua receptoras. La mayor parte de la materia orgánica que contiene el agua residual urbana es biodegradable, los microorganismos la utilizan como alimento, para lo cual necesitan consumir oxígeno, lo que disminuye su concentración hasta alcanzar niveles de anaerobiosis, es decir, ausencia de oxígeno disuelto.

La determinación de DBO y DQO además de indicarnos la presencia y biodegradabilidad del material orgánico presente, es una forma de estimar la cantidad de oxígeno que se requiere para estabilizar el carbono orgánico y de saber con qué rapidez este material va a ser metabolizado por las bacterias que normalmente se encuentran presentes en las aguas residuales.

La normativa ambiental ecuatoriana limita a 100mg/L la DBO y a 250mg/L la DQO, los resultados de la muestra superan estos límites en 163mg/L para DBO y 647mg/L para DQO dando a entender que evidentemente el agua residual de Tachina presenta contaminación orgánica, situación comprensible en un sistema de descargas domiciliarias donde se generan excretas y residuos de cocina principalmente.

Al analizar los resultados del laboratorio y el índice BWMP que emplea a macroinvertebrados como indicadores de calidad de un cuerpo de agua, se puede observar que existe una total coherencia entre ambos. Las aguas residuales vertidas sobrepasan los límites permisibles en la legislación ambiental ecuatoriana y los resultados de indicadores biológicos muestran un estado del agua entre dudoso (aguas contaminadas) y crítico (aguas muy contaminadas) a pesar de que nos están interconectados, dando a entender que toda el área estaría siendo afectada por perturbaciones tanto urbanas como rurales.

Según Roldán, (1992) en ríos y quebradas que están siendo contaminadas con materia orgánica, de aguas turbias, con poco oxígeno, se espera siempre encontrar poblaciones dominantes de oligoquetos, chironómidos y ciertos moluscos. Lo que coincide con los resultados encontrados en la investigación en campo lo que supone que el ecosistema se encuentra perturbado.

En la trayectoria del tramo muestreado del Estero Tachina se identificó un total de 168 especímenes de macroinvertebrados, correspondientes a 7 órdenes y 11 familias.

De Insecta, el orden Ephemeroptera fue el más abundante, dentro del cual se encontró las familias Baetidae, Leptohyphidae y Leptophlebiae que son indicadoras de aguas limpias. La familia más abundante de este orden fue Leptohyphidae.

En base a los individuos colectados en los tres puntos de muestreo tenemos 35%, 71% y 67% de presencia de ETP. Según Terneus, E, et al., (2003) el rango de calidad del agua con el índice EPT entre 50 – 74% significa una calidad buena del agua y de 25 – 49% significa una calidad regular del agua, con lo cual en este estudio se asumiría una calidad del agua entre buena y regular.

Cabe destacar que ambos métodos son aceptados por la comunidad científica y se emplean rutinariamente en múltiples análisis de cuerpos de agua a diferentes gradientes altitudinales, sin embargo el índice ETP en un contexto más ecológico mide la riqueza de Ephemeroptera, Plecópteros y Trichoptera y el índice BMWP mide la presencia o ausencia de especies de macroinvertebrados a las que se le asigna puntajes en función de su nivel de tolerancia a la contaminación.

En este estudio no se encontró ningún individuo del Orden Plecoptera que es el más exigente de todos los grupos por vivir en aguas limpias y bien oxigenadas, 8 individuos del Orden Trichoptera y 101 individuos del Orden Ephemeroptera los cuales viven entre tres o cuatro días, tiempo en el cual alcanzan la madurez sexual y se reproducen.

Tal como se lee anteriormente, con el índice ETP se trabaja a nivel de ordenes mientras que para poder aplicar el índice BMWP se necesita haber identificado los macroinvertebrados hasta nivel de familia ya que cada cual posee un valor de sensibilidad, lo que representa un trabajo más detallado y específico.

La calidad del agua de los tres puntos basándose en el índice ETP es regular, buena y buena, puede ser que esto se deba a que el muestreo se lo realizó en la estación seca que tuvo un acumulado mensual de precipitaciones de 5.7 lt/m^2 (INOCAR) donde no se evidencia la misma diversidad de familia que en la época lluviosa. Sin embargo, en estudios realizados en Ecuador por Giacometti & Bersosa (2006), el número de individuos y especies fue significativamente más alto en la estación seca que en la estación lluviosa.

Posiblemente estos resultados difieren con los de este estudio debido a la falta de réplicas que permitan hacer comparaciones entre periodos climáticos, por lo que la utilización del índice BMWP se justifica en que es posible obtener puntuaciones para comparar situaciones entre estaciones, independiente del periodo climático.

Habiéndose discutido la mala calidad del agua residual, resulta de importancia proponer alternativas para que la misma sea tratada antes de ser descargada al río Esmeraldas, por lo que a continuación se proponen 3 posibles sistemas que darían una solución a este problema.

En función de las características de la zona de estudio y de los resultados de los análisis tanto físico-químicos como biológicos se recomienda las siguientes tecnologías aplicables basadas en un estudio realizado por EAWAG “Compendio de Sistemas y Tecnologías de Saneamiento”, (2008):

- Primera alternativa: Estanques de Estabilización de Desperdicios** en los cuales las aguas residuales son tratadas por procesos naturales, divididos en tres componentes principales, (1) anaeróbico, (2) facultativo y (3) aeróbico, cada uno con diferente tratamiento y característica de diseño. Son apropiados para climas cálidos y soleados en tiempos de retención y tasas de carga (1-7 días), su mantenimiento está comprendido entre los 10 a 20 años de funcionamiento, puede ser construido con materiales disponibles localmente, no requiere energía eléctrica, el gasto fijo sería en el terreno para su construcción pero al ser una competencia municipal existen algunos terrenos estatales que podrían ser utilizados. Las salidas que se obtiene del estanque son lodos fecales y efluentes que pueden tener una disposición final en la superficie o aplicación de lodos al terreno sin mayor riesgo por la eliminación de patógenos eficientes del sistema.

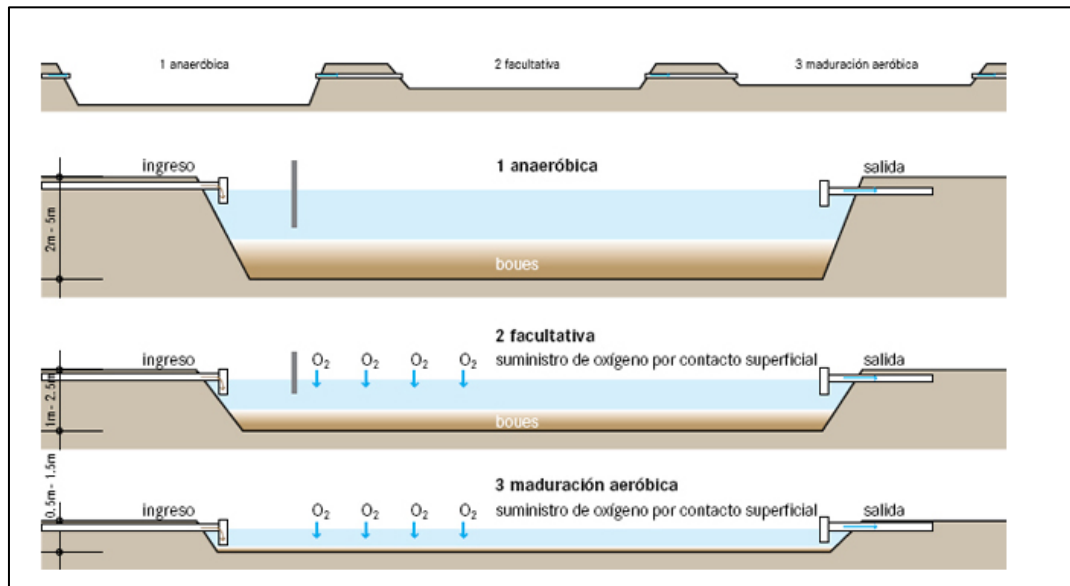


Figura 4: Estanque de Estabilización de Desperdicios

Fuente: Tilley et al, 2008

Para la construcción de estos sistemas se necesita mano de obra entre actividades de preparación del sitio, marcaje del sitio y localización de tubería, excavación de la laguna, construcción de los terraplenes y colocación de la tubería.

Con 5 personas y un valor de \$30 la jornada diaria durante 7 días sumarían \$1050 la mano de obra. Para recubrir las lagunas la malla de geotextil tiene un valor de \$20 el m² y la tubería de PVC \$50 el metro, entre herramientas de construcción tenemos un total de \$900 en materiales. Los costos estimados de un sistema de este tipo, con las dimensiones descritas y entre mantenimiento y otros gastos ascienden a un mínimo de US\$3000.

- **Segunda alternativa: Humedal Artificial de Flujo Superficial Libre.**, Su objetivo es imitar los procesos naturales de un humedal natural. Los gastos generados serían en mantenimientos por recorte periódico de la vegetación, tiene una alta reducción de DBO y sólidos, construido con materiales disponibles localmente, sin el debido cuidado puede generar proliferación de mosquitos, el costo depende de la disponibilidad de la tierra y es bajo en operación y mantenimiento. La salida del sistema son efluentes que pueden ser utilizados como irrigación o campo filtrado.

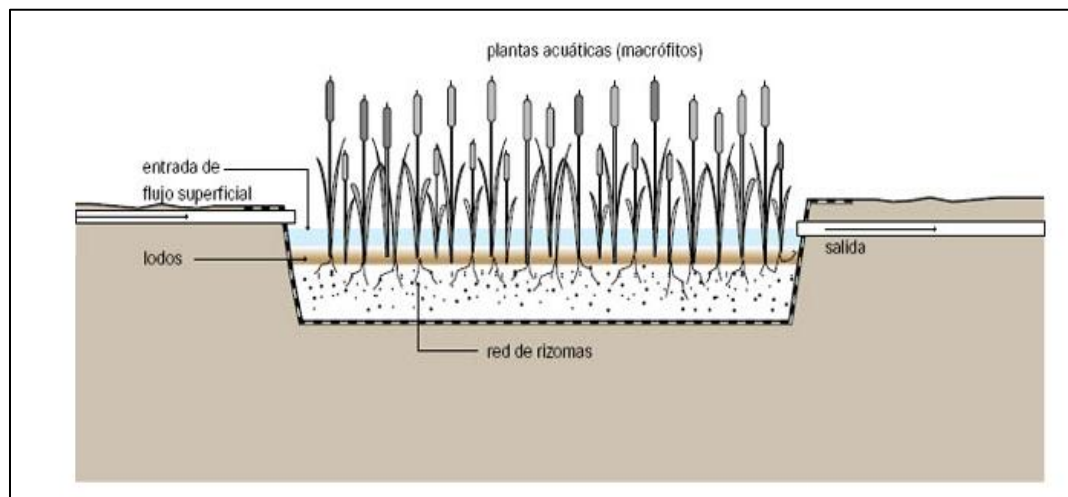


Figura 5: Humedal Artificial de Flujo Superficial Libre

Fuente: Tilley et al, 2008

El costo de construcción del humedal, adecuación de las capas de recubrimiento del estanque (geotextil, arcilla, piedras, grava y tierra), plantación de la vegetación como el carrizo, conexión de tuberías para entrada y salida y mantenimiento entre otros gastos ascendería a un mínimo de US\$1500.

- **Tercera opción: Humedal Artificial de Flujo Horizontal Subsuperficial** es un canal relleno con grava y arena por las cuales fluye las aguas residuales, la utilización de geotextil en su diseño podría generar un costo más elevado que los otros sistemas, por el uso de grava puede darse el taponamiento de los filtros que producirá un costo de mantenimiento, aunque requiere menos espacio que el Humedal de Flujo Libre, no presenta problemas con proliferación de mosquitos.

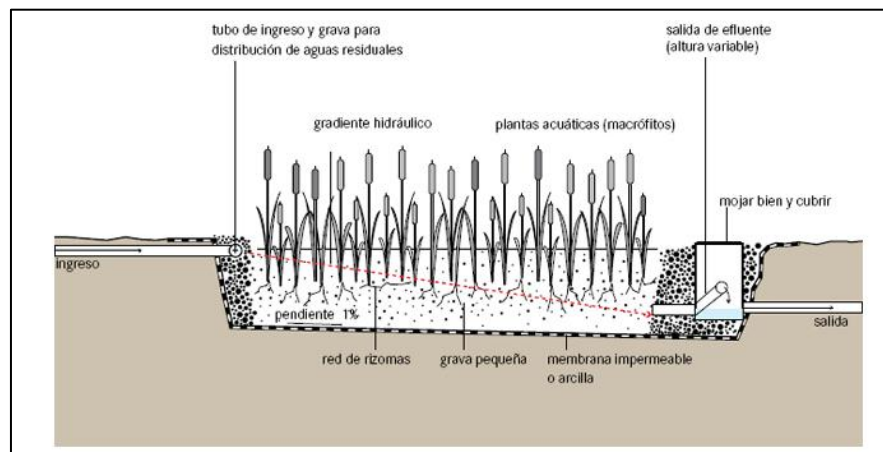


Figura 6: Humedal Artificial de Flujo Horizontal Subsuperficial

Fuente: Tilley et al, 2008

Para la construcción de este sistema se requiere una pendiente para la circulación del agua como parte del diseño, recubrimiento de membrana de geotextil, arena, grava, plantación de la vegetación (carrizo), conexión de tuberías para entrada y salida, mantenimiento del sistema, lo que suma un presupuesto mínimo de US\$2000.

Tabla 9:

Matriz de valoración de los sistemas recomendados

| | costo de construcción | calidad de tratamiento | proliferación de vectores | cantidad de terreno | TOTAL |
|-----------|-----------------------|------------------------|---------------------------|---------------------|-------|
| sistema 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 8 |
| sistema 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 7 |
| sistema 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 11 |

Fuente: Elaboración propia

La ponderación corresponde a (3) siendo lo más óptimo y (1) lo menos óptimo

Aunque el tercer sistema represente un costo un poco más elevado en función de mantenimiento y materiales al inicio de su vida útil, sería el más aplicable por sus parámetros de depuración, por la menor necesidad de espacio, y la reducción del riesgo de proliferación de mosquitos.

Todos los sistemas expuestos podrían generar una fuente de trabajo e ingresos para las familias que pertenecen a la comunidad en la etapa de construcción y mantenimiento de los mismos siempre y cuando exista supervisión. Se recomienda de igual manera realizar monitoreos frecuentes para analizar la calidad de las aguas y de ser aplicado algún sistema evidenciar la mejoría de la calidad del agua del Estero Tachina.

5. CONCLUSIONES

- El porcentaje de cobertura del servicio de alcantarillado de la Parroquia Tachina es de 44.8%, sin embargo este dato no pudo ser verificado debido a la falta de información por parte de la Empresa de Agua Potable, encargada de su administración. No existen mapas ni base de datos que indiquen cuáles y cuántas familias están conectadas a esta red de alcantarillado. Según información obtenida en las visitas de campo en Tachina de 100 casas entrevistadas al azar 26 están conectadas a este sistema de alcantarillado, 23 casas eliminan sus desechos al río o al suelo y 51 cuentan con pozos sépticos.
- Mediante el método de Manning se estimó que el caudal de aguas residuales domésticas generadas en Tachina es de 1919.03 litros diarios y en base a los resultados del análisis físico químico y biológico realizado a una muestra compuesta de esta agua se puede evidenciar que en términos de sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, aceites y grasas, DBO, DQO y coliformes fecales se superan los límites máximos permisibles descritos en el TULAS.
- El análisis del estado ecológico realizado en tres puntos del Estero Tachina indica una calidad de agua entre dudosa y crítica, interpretándose como aguas contaminadas y aguas muy contaminadas. La Familia Leptohyphidae perteneciente al grupo de macroinvertebrados elegidos como bioindicadores fue la más prominente con un rango de tolerancia a la contaminación de (7) y la Familia Thiaridae más bien asociada al reflujó de marea entre este estero y su cercanía con el mar.

6. RECOMENDACIONES

- Es importante contar con datos actualizados del servicio de cobertura de alcantarillado, refiriéndome a la cantidad de casas conectadas así como su ubicación. Se recomienda realizar un levantamiento de información en campo para verificar el porcentaje de casas que necesitan ser conectadas al sistema para tener una sola salida de las aguas residuales domésticas generadas en Tachina.
- En el marco de competencias territoriales el tratamiento de las aguas residuales es una competencia municipal por lo que no solo es necesario sino que es obligatorio realizar un estudio de la misma. Con los datos obtenidos en esta investigación se demuestra que las aguas residuales domésticas generadas superan la normativa de calidad ambiental por lo que se recomienda realizar un muestreo más detallado integrando más parámetros y números de muestras con la finalidad de tener una base de datos más completa y de esta manera decidir que alternativa mejoraría la calidad de las mismas.
- Se recomienda monitorear la presencia – ausencia y diversidad en términos ecológicos de las comunidades de macroinvertebrados presentes en el Estero Tachina, para generar un gráfico de comportamiento de las mismas; manteniéndolos como bioindicadores de la calidad de este cuerpo de agua.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Alba-Tercedor, J., Jáimez-Cuéllar, P., Álvarez, M., Avilés, J., Bonada, N., Casas, J., Mellado, A., Ortega, M., Pardo, I., Prat, N., Rieradevall, M., Robles, S., Sáinz-Cantero, C.E., Sánchez-Ortega, A., Suárez, M.L., Toro, M., Vidal- Albarca, M.R., Vivas, S. y Zamora-Muñoz, C. (2002). *Caracterización del estado ecológico de los ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP (antes BMWP)*. *Limnetica*, 21 (3-4), 175-185.
- Armitage, P.D., D. Moss, J.F. & Furse, M.T., (1983). *The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites*. *Water Research*, 17: 333-347.
- Barbour, M.T., Gerritsen, B.D. Snyder, & Stribling, J.B., (1999). *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish*, Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C. 339 pp.
- Bonada, N., N. Prat, V. Resh & B. Statzner. (2006). *Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches*. *Annual Review of Entomology* 51: 495-523.
- Bossingham, M.J., Carnell, N.S., Campbell, W.W. (2005) *Water balance, hydration status, and fat-free mass hydration in younger and older adults*. *Am J Clin Nutr* 81(6):1342-50. 2.
- Brian, H. (1962) *How to Survive in the bush, on the coast, in the mountains of New Zealand*. Wellington, Government Printer.
- COOTAD Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización. (2010). *Capítulo 3 Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal, Sección Primera Naturaleza Jurídica, Sede y Funciones, Artículo 55 literal d*. Asamblea Nacional. Quito, Ecuador.

- Cuenca, N., (2010). *Gestión de recursos hídricos en el Ecuador*. Secretaría Nacional del Agua. [diapositivas de PowerPoint]. Recuperado de <http://memorias.utpl.edu.ec/sites/default/files/documentacion/periodismo2013/utpl-Gestion-Recursos-Hidricos-Ecuador.pdf>
- Gobierno Autónomo de la Parroquia Tachina. (25 de junio de 2011). *Antecedentes, sistema de alcantarillado sanitario*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://gobiernoautonomodetachina.blogspot.com/2011/06/antecedentes.html>
- Giacometti, J.C. & F. Bersosa. (2006). *Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Alambi*. Boletín Técnico 6, Serie Zoológica 2: 17-32.
- Global Food Safety. (2013, enero). *Importancia del agua para consume humano*. Lima, Perú. Recuperado de <http://www.gfs.com.pe/noticias/agua-para-consumo-humano.html>
- Hernández, F., (2010) *Análisis legal del derecho humano al agua potable y saneamiento*. Global Water Partnership Chile.
- Instituto Oceanográfico de la Armada INOCAR. (2014). *Tabla de mareas de Puertos del Ecuador*. [Publicación informativa] Recuperado de <http://www.inocar.mil.ec/web/index.php/tabla-de-mareas>
- [Ingeniería Hidráulica y Sanitaria]. (2013, Octubre 14). *Calculo de flujo o caudal de agua en una tubería de alcantarillado*. [Archivo de video]. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=_oIx09960wo.
- Isola, A. E., (2002). *Contaminación del agua y medio ambiente*. Buenos Aires, Argentina: Ad-Hoc, pág 13.
- Laclette, J., Zúñiga, P. (Ed.). (2012). *Diagnóstico del Agua en las Américas*. Distrito Federal, México: Editorial Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC.
- Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental (2004). Capítulo 2, artículo 6 de la prevención y control de la contaminación del agua. República del Ecuador.
- Martínez-Sanz, C., (2013). *Guía para el reconocimiento de los principales grupos de macroinvertebrados fluviales de Esmeraldas (Ecuador)*. PUCESE-IGA-CID. ISSN: 1390 – 1712. 59 pp.

- Más allá de la escasez: Poder, pobreza y la crisis mundial del agua. (2006). *Revista Humanum*. Recuperado de <http://www.revistahumanum.org/revista/mas-alla-de-la-escasez-poder-pobreza-y-la-crisis-mundial-del-agua-2/>
- Ministerio Coordinador de Desarrollo Social. (2012). *Sistema de Indicadores Sociales del Ecuador*. Recuperado de <http://www.siise.gob.ec/siiseweb/siiseweb.html?sistema=1#>
- Ministerio de Agricultura. (2011). *Protocolo de monitoreo de la calidad de los Recursos Hídricos*. Autoridad Nacional del Agua- DGCRH. Perú.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España. (2014). *Concepto de estado y calidad de las aguas superficiales*. Recuperado de <http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/aguas-superficiales/concepto-estado/default.aspx>
- Ministerio de Educación. (2010). *Establecimientos Educativos en la Parroquia Tachina*. Esmeraldas, Ecuador.
- Ministerio de Salud Pública. (2004). *Situación de la Salud en el Ecuador, Indicadores Básicos por Región y Provincia*. República del Ecuador.
- Municipio Esmeraldas, Cooperación Técnica Belga. (2009). *Diagnóstico Rural Participativo del cantón Esmeraldas*. Programa Salud y Medio Ambiente Esmeraldas SYMAE. Esmeraldas, Ecuador.
- NTE INEN 2169. (1998). *Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras*. República del Ecuador.
- OMS/UNICEF. (2010, 15 de marzo). *La ampliación del acceso al agua potable progresa, pero es necesario redoblar los esfuerzos en el saneamiento* [Comunicado de Prensa]. Recuperado de http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2010/water_20100315/es/
- Población mundial. (s.f.). En *Wikipedia*. Recuperado el 6 de diciembre de 2014 de https://es.wikipedia.org/wiki/Poblaci%C3%B3n_mundial
- PUCESE. (2009). *Instructivo de Grados PUCESE*. Extraído 23 de septiembre, 2011 del sitio web PUCESE: <http://www.pucese.net/> y luego, <http://www.pucese.net/reglamentos.html>

- Real Academia Española. (2012). Diccionario de la lengua española (22.^aed.). Consultado en <http://www.rae.es/recursos/diccionarios/drae>
- Redacción Ambientum. (2002, febrero). Nitrógeno en el Agua. *Revista Ambientum*. Recuperado de http://www.ambientum.com/revista/2002_05/NTRGNO2.asp
- Ramahlo, R.S., (1996). *Tratamiento de aguas residuales*. España. Edición: Reverté, 1^a edición.
- Resh, V.H., (2008). *Which group is best? Attributes of different biological assemblages used in freshwater biomonitoring programs*. *Environ. Monit. Assess.* 138: 131–138.
- Reynolds, K. (2002). *Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica, Identificación del Problema*.
- Roldán, G., (1992). *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Universidad de Antioquía, Medellín.
- Rosenberg, D.M., & Resh, V.H., (1993), *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. Chapman & Hall, London, IX + 488p.
- Servicio de Acreditación Ecuatoriana. (2015). *Comité Técnico, Laboratorio de Ensayos, Laboratorio de Muestreo*. Quito, Ecuador.
- Solón, P., (2010, 31 de julio). *La ONU declara al agua y al saneamiento derecho humano esencial*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://actividadentrerios.blogspot.com/2010/07/la-onu-declara-al-agua-y-al-saneamiento.html>
- Terneus, E., Vásconez, J., Carrasco, C., y Rosero, D., (2003). *Manual básico aplicado al estudio de la hidrobiología*. Fundación para la investigación y conservación de los ecosistemas acuáticos. Quito-Ecuador.
- Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria. Libro VI Anexo 1 Tabla 12 de la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua. En Decreto Ejecutivo 3516. República del Ecuador (2003).
- Tilley, E., et al, (2008). *Compendium of Sanitation Systems and Technologies*. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Dubendorf, Suiza.

- Universidad del Tolima. (2012). *Determinación de sólidos, dureza del agua y pigmentos fotosintéticos*. Ibagué, Colombia.
- Zamora, C., Sáinz, C.E., Sánchez, A. & Alba, J., (1999). *Are biological indices BMWP and ASPT and their significance regarding wáter quality seasonally dependent? Factors explaining their variations*. *Water Researc*, 29: 285-290

ANEXOS



Fotografía 16 y 17: Punto de descarga de aguas residuales domésticas de Tachina



Fotografías 18 y 19: Presencia de basura en el Estero Tachina



Fotografía 20: Toma de muestra agua residual



Fotografía 21: Habitantes del sector y colaboradores

ANEXO 1

Resultados comunicados por el laboratorio escogido.



REPORTE DE ANÁLISIS

Cliente: Vanessa Veintimilla
AV. BOLIVAR 606-608 Y 9 DE OCTUBRE
Tel: 0994739301

Atn: Ing. Vanessa Veintimilla

Proyecto: Caracterización ARs Parroquia Tachina

Muestra Recibida: 20-nov-14

Tipo de Muestra: 1 Muestra de Agua

Análisis Completado: 02-dic-14

Número reporte Gruentec: 1411412-AG001

| Rotulación Muestra: | MUESTRA ÚNICA | Límite Máximo Permissible | Método Adaptado de Referencia |
|---|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Fecha de Muestreo: | N/D | Tabla 12 TULSMA ^{a)} | |
| No. Reporte Gruentec: | 1411412-AG001 | | |
| Físico Químico: | | | |
| pH ^(1,2,3) | 7.0 | 5 - 9 | SM 4500 H |
| Conductividad µS/cm ^(1,2,3) | 867 | N/A | EPA 9050 A |
| Sólidos Sedimentables mL/L ^(1,3) | 5 | 1.0 | SM 2540 F |
| Sólidos Suspendedos Totales mg/L ^(1,2,3) | 146 | 100 | SM 2540 D |
| Sólidos Totales Gravimétricos mg/L ^(1,3) | 823 | 1600 | SM 2540 B |
| Aniones y No Metales: | | | |
| Nitrato mg/L ^(1,2,3) | <0.1 ^{b)} | N/A | EPA 300.1 |
| Nitrato mg/L ^(1,2,3) | <0.1 ^{b)} | N/A | EPA 300.1 |
| Parámetros Orgánicos: | | | |
| Aceites y Grasas mg/L ^(1,3) | 0.4 | 0.3 | EPA 1664 |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno mg/L ^(1,3) | 163 | 100 | SM 5210 B,D |
| Demanda Química de Oxígeno mg/L ^(1,2,3) | 647 | 250 | SM 5220 D |
| Parámetros Microbiológicos: | | | |
| Coliformes Fecales NMP/100 mL ^(1,3) | >110000 | Remoción > al. 99.9% | SM 9223 A,B |

Registros y Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación No. OAE LE 2C 05-008

⁽²⁾ Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

⁽²⁾ Acreditación CALA No. A3154

Los ensayos marcados con (*) no están dentro del alcance de acreditación del OAE

N/D - No Disponible

a) Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

b) Debido a la naturaleza de la muestra se realizó una dilución 2X.

INCERTIDUMBRE (U) para pH = 0.2 unidades

INCERTIDUMBRE (U):

Demanda Bioquímica de Oxígeno = 0.29; Conductividad en agua = 0.11; Sólidos sedimentables = 0.24;

Demanda Química de Oxígeno = 0.24; Aceites y Grasas en Aguas = 0.29;

Sólidos Suspendedos Totales = 0.12; Sólidos Totales Gravimétricos = 0.10; Aniones = 0.22

Cálculo: C +/- UxC en donde: C=valor medido; U= incertidumbre.

Ing. Isabel Estrella

Gerente de Operaciones

Nota 1: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este reporte en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

Página 1 de 1