



Evaluación de los Impactos Al Recurso Agua Derivados de la Operación de una Central Termoeléctrica "Termogas Machala"

Assessment of the Impacts on Water Resources Derived From the Operation of a "Termogas Machala" Thermoelectric Power Plant

Avaliação dos Impactos nos Recursos Hídricos Derivados da Operação da Usina Termoelétrica "Termogas Machala"

Wilmer G. Galarza-Mora ^I
wgalarza@utmachala.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-9807-825X>

Beatriz Pernía-Santos ^{II}
dra.beatrizperniasantos@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2476-7279>

Patricio Quizhpe-Cordero ^{III}
pquizhpe@utmachala.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-9429-135X>

Jorge Patricio Rentería-Minuche ^{IV}
prenteria@utmachala.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-3992-9063>

Andrés Martínez-Lage ^V
andres.martinez@udc.es
<https://orcid.org/0000-0002-8218-7002>

Correspondencia: wgalarza@utmachala.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Revisión

***Recibido:** 04 de enero de 2022 ***Aceptado:** 31 de enero de 2022 * **Publicado:** 21 de febrero de 2022

- I. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Ingeniería Acuícola, Acuicultura, Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.
- II. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- III. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Ingeniería Acuícola, Acuicultura, Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.
- IV. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Ingeniería Acuícola, Acuicultura, Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.
- V. Universidade da Coruña Facultade de Ciencias: A Coruna, Galicia, España

Resumen

Una de las principales formas de energía es la electricidad, la cual se consume en el mundo y constituye parte integral de los seres humanos. Sin embargo, lo que enmarca a esta actividad provoca contaminación del aire y el agua. La empresa Termoeléctrica Termogas Machala ha recibido quejas de ser una posible fuente de contaminación del agua de la playa de Bajo Alto, parroquia Tendales, Provincia de El Oro. Esta investigación se desarrolló desde el 2012 al 2015. Con la finalidad de evaluar los impactos al recurso agua derivados de la operación de la Central Termoeléctrica se determinaron i) los parámetros físico-químicos del agua de descarga: Temperatura, pH, Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendedos Totales (SST), ii) la concentración de contaminantes químicos: Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP), Aceites y Grasas (AyG), Metales Pesados, Sulfuros y Fenoles, y iii) contaminantes biológicos: Coliformes Totales (CT) y Fecales (CF), para compararlos con los Límites Máximos Permisibles de descarga desde centrales termoeléctricas (2007) y las normas generales para descarga de aguas residuales domésticas e industriales TULSMA (2015) y evidenciar si existe contaminación por parte de la Termoeléctrica al cuerpo receptor de agua marina. En las aguas de descarga, los parámetros físico-químicos se encontraron dentro de los límites permisibles, al igual que los contaminantes químicos. No se detectaron metales pesados, Cu, Cr+6, Pb ni Zn. Se observó contaminación de tipo biológica por Coliformes Fecales en el año 2015 donde se registraron valores máximos en el Límite Máximo Permissible de 2000 NMP/100 mL. Finalmente se realizó un análisis de componentes principales y una correlación de Pearson donde se observó correlación entre HTP y AyG ($r=0,673$; $p=0,000$); CT y CF ($r=0,885$; $p=0,000$) y SST vs DQO ($r=0,791$; $p=0,000$). Se concluye que la contaminación química como biológica del sector procede de fuentes externas a este proceso industrial de generación eléctrica.

Palabras clave: Contaminación; factores físico - químicos y biológicos.

Abstract

One of the main forms of energy is electricity, which is consumed in the world and is an integral part of human beings. However, what part to this activity causes pollution of air and water. The thermoelectric company Termogas Machala has received complaints of being a possible source of water pollution from the beach of Bajo Alto, parish Tendales, El Oro Province. This research was conducted from 2012 to 2015. With the purpose of evaluating the impacts to water resources

derived from the operation of the thermoelectric power plant were determined (i) the physical and chemical parameters of the water of download: Temperature, pH, Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solids (TSS), (ii) the concentration of chemical contaminants: Total Petroleum Hydrocarbons (TPH), Oils and Fats (O&F), Heavy Metals, Sulphides and Phenols, and (iii) biological contaminants: Total Coliforms (CT) and Fecal Coliforms (CF), in order to compare them with the maximum permissible limits of download from thermoelectric plants (2007) and the general standards for wastewater discharge of domestic and industrial TULSMA (2015), and evidence if there is contamination by the thermoelectric plant to the body receiver marine water. In the waters of download, the physical and chemical parameters were within the permissible limits, as well as the chemical contaminants. Heavy metals were not detected, Cu, Cr 6, Pb or Zn. It was noted contamination of biological type for Fecal Coliforms in the year 2015 where maximum values were recorded in the maximum permissible limit of 2000 NMP/100 mL. Was finally carried out an analysis of principal components and a Pearson correlation where correlation was observed between TPH and O&F ($r=0,673$; $p=0.000$); TC and FC ($r=0.885$; $p=0.000$) and TSS vs COD ($r=0,791$; $p=0.000$). It is concluded that the chemical pollution as biological the sector comes from external sources to this industrial process of electricity generation.

Keywords: Pollution; factors physical - chemical and biological.

Resumo

Uma das principais formas de energia é a eletricidade, que é consumida no mundo e constitui parte integrante do ser humano. No entanto, o que enquadra essa atividade causa poluição do ar e da água. A empresa Termoelectrica Termogas Machala recebeu denúncias de ser uma possível fonte de contaminação da água da praia de Bajo Alto, freguesia de Tendales, província de El Oro. Esta investigação foi realizada de 2012 a 2015. Com o objetivo de avaliar os impactos na água foram determinados os recursos derivados da operação da Usina Termelétrica i) os parâmetros físico-químicos da água de descarga: Temperatura, pH, Demanda Química de Oxigênio (DQO), Sólidos Totais Suspensos (SST), ii) a concentração de contaminantes químicos: Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (HTP), Óleos e Gorduras (AyG), Metais Pesados, Sulfetos e Fenóis, e iii) contaminantes biológicos: Coliformes Totais (TC) e Fecal (CF), para compará-los com os Limites Máximos Permitidos de descarga de termoelectricas usinas (2007) e as normas gerais para

descarte de efluentes domésticos e industriais TULSMA (2015) e mostrar se há contaminação pela Termelétrica para l corpo receptor de água marinha. Nas águas de descarga, os parâmetros físico-químicos foram encontrados dentro dos limites permitidos, assim como os contaminantes químicos. Metais pesados, Cu, Cr+6, Pb e Zn não foram detectados. A contaminação biológica por Coliformes Fecais foi observada em 2015, onde foram registrados valores máximos no Limite Máximo Permissível de 2000 NMP/100 mL. Por fim, foi realizada análise de componentes principais e correlação de Pearson, onde foi observada correlação entre HTP e AyG ($r=0,673$; $p=0,000$); TC e CF ($r=0,885$; $p=0,000$) e SST vs COD ($r=0,791$; $p=0,000$). Conclui-se que a contaminação química e biológica do setor provém de fontes externas a este processo industrial de geração de energia elétrica.

Palavras-chave: Poluição; fatores físico-químicos e biológicos.

Introducción

La energía eléctrica es considerada como un elemento fundamental para el desarrollo y crecimiento de la producción, distribución, consumo de bienes y los servicios que se requieren para satisfacer las necesidades de los pueblos a nivel mundial, pero no es solo la energía en sí misma la que posee un valor para los ciudadanos sino los servicios que esta presta (Rogner & Popescu citado por Castro, 2011). Estos servicios energéticos cubren una demanda extensa y diversa, como es el uso de dispositivos eléctricos y electrónicos, la iluminación eléctrica en todas sus manifestaciones, el confort de los espacios que produce el uso del aire acondicionado o la calefacción, la refrigeración tanto industrial como doméstica, el transporte en todas sus dimensiones, las comunicaciones, las tecnologías de la comunicación e información (TIC'S), como además la producción de bienes y servicios en general entre otros (Castro, 2011).

Una de las formas de obtener esta energía es mediante el uso de centrales Termoeléctricas, las cuales son instalaciones empleadas para la producción de energía eléctrica mediante el uso de calor, el cual es generado por la combustión de combustibles fósiles (carbón, gas natural, petróleo y sus derivados como son el diésel y fueloil). Con lo dicho anteriormente, una central típica está compuesta de una caldera, donde se produce la combustión, una turbina o motor (MCI) que transforma la energía calorífica proveniente de la combustión (combustibles fósiles) en energía cinética, la que a su vez se transforma en trabajo mecánico al paso por la turbina; el cual es aprovechado por el generador, que convierte la energía mecánica en energía eléctrica (SMA,

2014). La potencia nacional de generación eléctrica instalada en el Ecuador está constituida por el 56% de origen térmico, compuesta a su vez del 27 % térmica - motor de combustión interna “MCI”, 18% térmica turbo-gas, 11% térmica turbo-vapor; el 42% de fuentes hidráulicas; el 0,5% de naturaleza solar y el 0,4% eólica. De los combustibles fósiles, los más utilizados son el fueloil con un 40,8%, el gas natural con un 20,3%, diésel con 19,9%, petróleo con 8,5%; bagazo de caña con un 6%, residuo de fueloil con el 4% y un 0,5% de gas licuado de petróleo (GLP) (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2015).

El grado de afectación al ambiente por parte de estos procesos industriales de generación termoeléctrica va ligado de forma directa al combustible empleado sea este carbón, líquidos (derivados del petróleo) o gaseosos como es el gas natural (Cárdenas, 2014). Dentro de la gran cantidad de problemas ambientales que se desencadenan a partir de estos procesos, se puede resaltar la generación de aguas residuales domésticas e industriales, que al ser manejadas sin los procedimientos técnicos adecuados pueden causar impactos negativos a los cuerpos de agua dulce o marina, por el ingreso de manera continuada de sustancias tóxicas (halógenos, pesticidas, aceites y grasas, y metales pesados), que exceden las concentraciones naturales propias de un sistema y afectan gravemente a la biota asociada a ellos (Albert, 1999 y Hart & Fuller, 1974 citados por Mero, 2010). Partiendo del hecho de que existen indicios de que las aguas del perfil costero de la zona ubicada frente a la comuna de Bajo Alto, se encuentran contaminadas a causa directa de las actividades antropogénicas y la falta de controles ambientales, como además de la inexistencia de políticas de educación ambiental dirigida a los individuos, las familias, las comunidades, la sociedad y la industria, el presente trabajo busca evaluar la calidad de las aguas de descarga de los efluentes provenientes del proceso industrial de generación eléctrica de la central termoeléctrica a gas (GN) de 252 Mw de Celec Ep – Unidad de Negocio Termogas Machala.

Objetivo General

Evaluar los impactos de los efluentes procedentes de la operación de la Central Termoeléctrica a Gas Natural de 252 MW de Celec Ep - Unidad de Negocio Termogas Machala en la comuna de Bajo Alto, parroquia Tendales (El Guabo - El Oro). A partir del año 2012 al 2015.

Objetivos Específicos

1. Determinar el impacto de la Central Termoeléctrica sobre los parámetros físico-químicos del agua de descarga (Temperatura, pH, DQO, SST).

2. Detectar contaminantes químicos (HTP, Aceites y Grasas, Metales Pesados, Sulfuros y Fenoles), y biológicos (Coliformes Totales y C. Fecales) en los efluentes del proceso industrial de generación eléctrica.
3. Evaluar la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales de TGM.
4. Comparar los valores obtenidos con los Límites Máximos Permisibles de la norma ecuatoriana.

Área de estudio

El área de estudio se encuentra situada en la región costera del Ecuador, la planta termoeléctrica (TGM) está ubicada en el Km 1 ½ Vía a Bajo Alto, en la parroquia Tendales, Cantón El Guabo, perteneciente a la Provincia de El Oro. Esta limita al norte con la planta de licuefacción de Gas Natural (A) y al oeste con la planta deshidratadora de GN (B) ambas operadas por la empresa pública Petroecuador Ep, al sur y al este con camaroneras y terrenos dedicados a actividades agrícolas. Se muestreó en los puntos de desagües o descarga ubicados a la salida de cada tratamiento, Tabla 1. Puntos M1, M2, M3 y M4. Las muestras de agua cruda se tomaron antes del ingreso al sistema, obtenidas de los dos pozos (A, B) ubicados en el área de la termoeléctrica TGM.

Tabla 1. *Sitios de muestreo y coordenadas de ubicación.*

PUNTOS	DESCRIPCION	COORDENADAS UTM-WGS84 17M	
		ESTE	NORTE
	Aguas Naturales		
POZO A	Aguas Naturales	624470	9655436
POZO B	Aguas Residuales	624726	9655442
M1	Domésticas (Planta de Tratamiento)	624528	9655447
M2	Aguas Residuales Industriales (Separador API)	624526	9655441
M3	Sistema de Tratamiento U-104 RO	624492	9655444
M4	Aguas hacia el Cuerpo Receptor.	624524	9655432

Fuente: (Galarza, 2016).

Diseño metodológico y metodología para la toma de muestras

Se realizaron monitoreos mensuales de las descargas de agua correspondientes al periodo 2012 al 2015. El programa de monitoreo fue un muestreo simple o puntual, siendo los sitios a muestrear los efluentes en los puntos (M1, M2, M3 y M4), correspondientes a los procesos de tratamiento del agua. Las aguas naturales de los pozos A y B fueron monitorizadas los meses de octubre y noviembre del 2012, marzo y julio del 2013, mayo y julio del 2014. Las muestras fueron colectadas en los cuatro puntos identificados en la planta termoeléctrica TGM, desde el mes de octubre del 2012 a noviembre del 2015 comprendiendo un total de 38 meses (invierno y verano). Aplicando para ello el protocolo NTE INEN 2176:98/2169:98, que se refiere a la toma de muestra simple o puntual la que representa la composición del efluente para el lugar, tiempo y circunstancias particulares en las cuales se realizó su captación, reflejándose de esta forma las condiciones del sistema de tratamiento en un espacio de tiempo concreto (INEN 2176, 1998). Las muestras fueron etiquetadas de acuerdo al parámetro analizar y la referencia del lugar muestreado elaborando para ello una bitácora de muestreo (INEN 2169, 1998).

a) Fase de campo

Los valores de temperatura y el potencial hidrógeno (pH) se tomaron *in situ*, mediante el uso de un equipo de medición de multiparámetro modelo HQ40D. Los cuatro puntos donde se tomaron las muestras de los efluentes industriales disponen de un lugar de recolección ubicado a aproximadamente dos metros de cada dispositivo de tratamiento. Las muestras de aguas naturales correspondientes a los pozos A y B se obtuvieron de forma manual del dispositivo para dicho efecto ubicado en el punto de succión. Las muestras fueron etiquetadas y rotuladas. Las muestras de agua para el análisis de Sólidos Suspendidos Totales (SST) la Demanda Química de Oxígeno (DQO) fueron colectadas en una jarra de polietileno y luego se colocó en frascos plásticos resistentes, enjuagándose el envase dos veces con el agua de la muestra, y se cerró herméticamente el frasco para evitar la evaporación, para ser analizados en el laboratorio antes de transcurridas 24 horas. Se usaron envases de vidrio previamente lavados con Hexano para el análisis de Aceites y Grasas (AyG) e Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP) para la colecta de muestras de agua e inmediatamente después de recogidas se les adicionó un agente de extracción HCl en proporción 1+1 y 5 ml/L y conservándolas a una temperatura entre 2°C y 5°C. Siendo analizadas en un tiempo máximo de 24 horas en el laboratorio. Las muestras de agua para el

análisis de Fenoles se conservaron a una temperatura entre 2°C y 5°C, la extracción se realizó en las primeras 24 horas luego de ser recogidas, en el laboratorio.

Se llenó el recipiente por completo y alcalinizó la muestra de agua con Hidróxido de Sodio a un pH > 9, para la detección de Sulfuros. Se empleó el mismo procedimiento de recolección al utilizado para SST y DQO, siendo enviadas de inmediato al laboratorio para su extracción en las primeras 24 horas. Las muestras de agua para realizar el análisis de metales pesados: Cobre, Zinc y Plomo; fueron colectadas en un volumen de 200 mL y estabilizaron a un pH < 2, mediante la adición de 1 mL de ácido nítrico concentrado; manteniéndolas a temperatura ambiente hasta su análisis por Espectrofotometría de Absorción Atómica en el laboratorio. Para el análisis de Cromo Hexavalente en agua de efluente la muestra se refrigeró a una temperatura de 2 °C a 5 °C. Las muestras de agua para los análisis de Coliformes Totales y Fecales, fueron colectadas en un volumen de 250 mL en envases de plástico resistente (estériles), previamente preparados con Tiosulfato de Sodio (0.1 cm³ de una solución al 10 % de Na₂S₂O₄ por cada 125 cm³ de muestra) en su interior antes de su esterilización, pues las aguas a muestrear fueron clorinadas (Puntos M2 y M4). Se mantuvieron a una temperatura entre 2 °C a 5 °C previo a su traslado al laboratorio.

a) Fase de laboratorio

Para este estudio se empleó la asistencia del laboratorio Productos y Servicios Industriales Cía. Ltda. (PSI), el cual, a su vez envió algunos parámetros a ser analizados al laboratorio Elicrom Cía. Ltda., de acuerdo a las normas ISO/IEC 17025 acreditados bajo la dirección del Organismo de Acreditación Ecuatoriano del Sistema de Calidad (MNAC). Para determinar el impacto de la Central Termoeléctrica sobre los parámetros físico-químicos del agua de descarga se analizaron: T°, pH, DQO, SST, de las muestras recogidas en los puntos M1, M2, M3 y M4, según los métodos de análisis y ensayo Standard Methods. Posteriormente, a fin de detectar contaminantes químicos se determinaron los parámetros: HTP, Aceites y Grasas, Metales Pesados, Sulfuros, Fenoles, y biológicos (Coliformes Totales y C. Fecales) en las aguas del proceso industrial de generación eléctrica.

Métodos de análisis estadístico

Se generó una matriz de datos por año y mes para cada una de las variables (parámetros) utilizando el programa Excel 2013 y se aplicó un análisis estadístico descriptivo obteniéndose las medias, la desviación estándar y los valores mínimos y máximos para cada parámetro. Para determinar la normalidad de los datos se utilizó el test de Anderson-Darling y para verificar la

homocedasticidad se empleó un test de Levene. Se realizó un análisis de varianza (Anova de una vía) y test a Posteriori de Tukey ($p < 0,05$) para comparar los parámetros (Temperatura, pH, DQO, SST, HTP, AyG, Cr^{+6} , Cu, Zn, Pb, Sulfuros, Fenoles, CT y CF) entre los puntos de monitoreo (M1, M2, M3 y M4) y años (2012, 2013, 2014 y 2015). Para evidenciar si existía relación entre las variables se aplicó un análisis de componentes principales, y un Dendrograma de Correlación de Pearson. Las pruebas estadísticas se realizaron utilizando el programa MINITAB versión 17.0. Para determinar la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales de la termoeléctrica TGM, se realizó una matriz en Excel 2013 con los valores obtenidos de Coliformes Totales y C. Fecales de los pozos A y B, relacionándolos con los puntos de muestreo M0 (relativo al agua residual doméstica previa al ingreso de la PTAR), M1, M2, M3, M4, y los puntos de toma de muestras ubicados a 100 metros aguas arriba y 100 metros aguas abajo del lugar de descarga o difusión del emisario submarino hacia el cuerpo receptor, el mar. Estos datos fueron analizados con el programa graficador ORIGIN PRO 8.0.

Resultados

Impactos de la termoeléctrica sobre los parámetros físico-químicos

En la figura 1 A se observa que la temperatura no presentó diferencias significativas entre los años 2012 al 2015 para ninguno de los puntos de muestreo y no sobrepasó los 35 °C que representa el LMP según el Acuerdo Ministerial 097A TULSMA (2015). El pH para todos los puntos de muestreo se conservó en el rango de 6 a 9 unidades sugerido por el TULSMA (Figura 1 B). En el punto M1 no hubo diferencias en el pH a través de los años, pero se evidenció un valor atípico para el año 2015 donde se registró un valor mínimo de 5,7. Al igual que en el punto M1 en el punto M2 no se apreció diferencias entre los años 2012 a 2014, pero hubo un registro de pH de 6,6 para el año 2015. Por otro lado, en los puntos M3 y M4 se detectaron variaciones interanuales. En M3 y M4 se observó el valor mínimo de pH de $7,46 \pm 0,42$ en el año 2014 y un valor máximo de $7,94 \pm 0,29$ en el año 2015 ($F=4,47$; $p=0,009$). Comparativamente, los puntos M1 y M2 no presentaron diferencias significativas y varían con respecto a los puntos M3 y M4 que mostraron los mismos valores ($F=11,46$; $p=0,000$). La Demanda Química de Oxígeno (Figura 2 C) no presentó diferencias interanuales para ninguno de los puntos de muestreo y tampoco supero el LMP de 600 mg/L sugerido en el Acuerdo Ministerial 097A para Termoeléctricas. El DQO se mantuvo en el rango 82,30 a 105,33 mg/L.

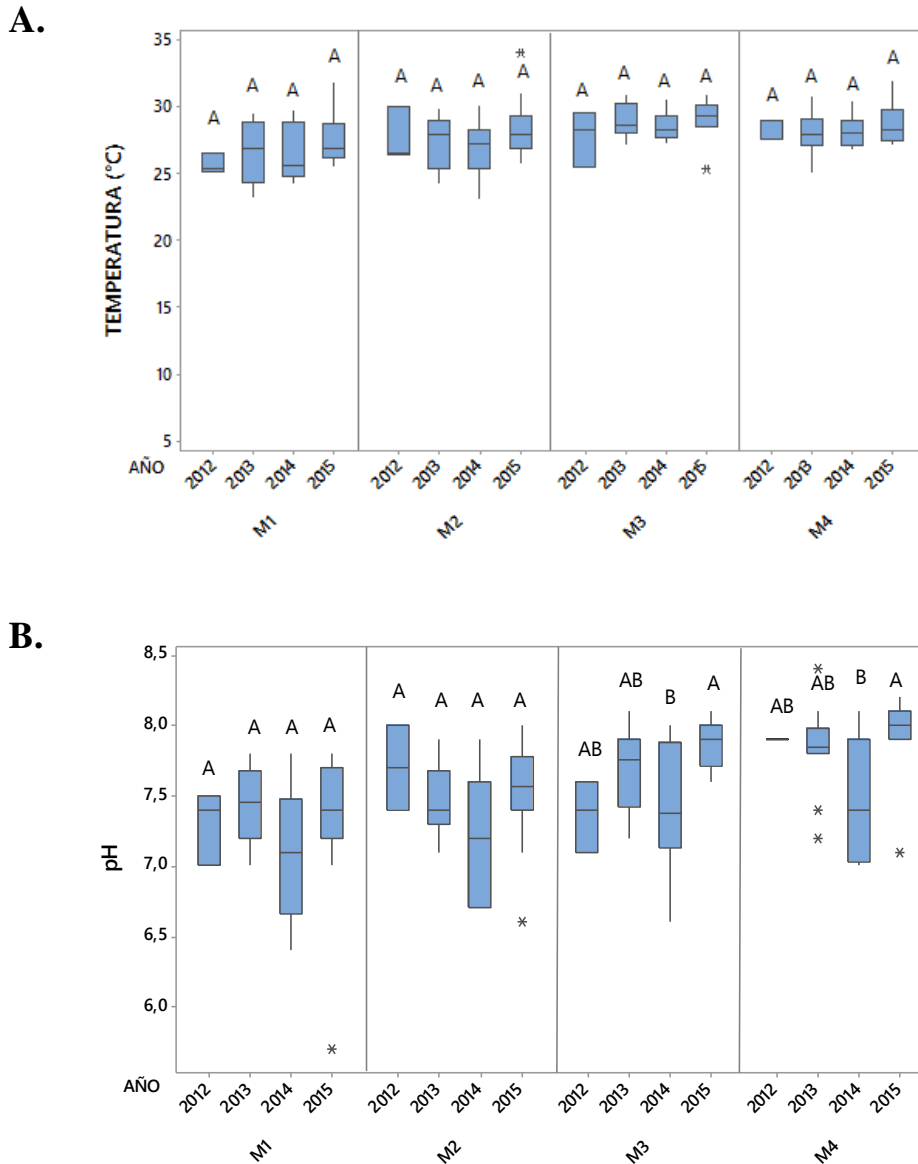


Figura 1. Efecto de la actividad de la termoelectrica entre los años 2012-2015 sobre los parámetros físico-químicos del agua de descarga: A. Temperatura, B. pH. M1: Efluentes/Agua Residuales Domésticas (PTAR), M2: Efluentes/Agua Residuales Industriales (Separador API), M3: Efluente/Sistema de Tratamiento U-104 RO, M4: Efluente/Agua hacia el Cuerpo Receptor. Los resultados se muestran en diagrama de caja y bigotes. Letras iguales indican que las medias entre años para cada punto de muestreo son iguales según ANOVA de una vía y test a posteriori de Tukey ($p < 0,05$).

Los Sólidos Suspendidos Totales no superaron los LMP de 250 mg/L (Figura 2 D). Tampoco presentaron diferencias interanuales para los puntos M1-M3, sin embargo, en M4 hubo diferencias. Es importante destacar que para el punto M4 del año 2012 a 2014 no hubo presencia

de SST y en el año 2015 presentó una concentración de $5,82 \pm 7,17$ mg/L. Según el análisis de varianza los puntos M1 y M2 no presentaron diferencias significativas, pero se distinguieron de los puntos M3 y M4 ($F=10,32$; $p=0,000$). La media total para los SST por puntos fue la siguiente: $22,03 \pm 18,40$ mg/L (M1), $17,08 \pm 32,63$ mg/L (M2), $4,18 \pm 2,72$ mg/L (M3) y $1,68 \pm 4,58$ mg/L (M4).

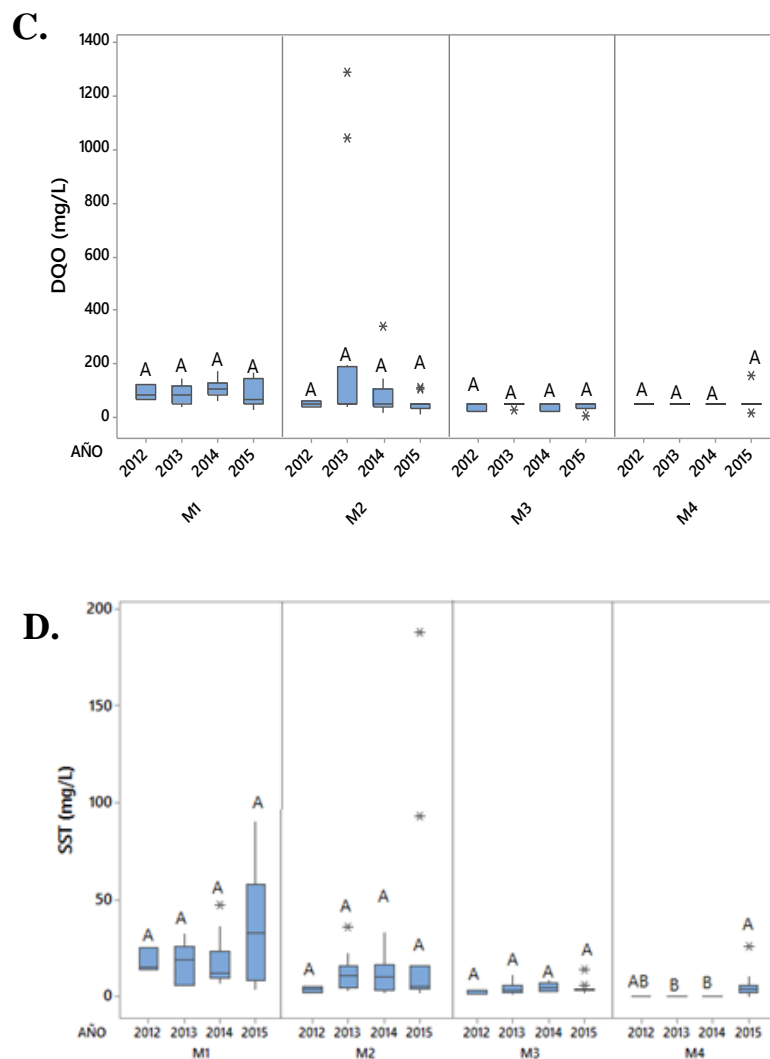


Figura 2. Efecto de la actividad de la termoelectrica entre los años 2012-2015 sobre los parámetros físico-químicos del agua de descarga: C. Demanda química de oxígeno (DQO) y D. Sólidos Suspendedos Totales. M1: Efluentes/Aguas Residuales Domésticas (PTAR), M2: Efluentes/Aguas Residuales Industriales (Separador API), M3: Efluente/Sistema de Tratamiento U-104 RO, M4: Efluente/Aguas hacia el Cuerpo Receptor. Los resultados se muestran en diagrama de caja y bigotes. Letras iguales indican que las medias entre años para cada punto de muestreo son iguales según ANOVA de una vía y test a posteriori de Tukey ($p < 0,05$).

Impactos de la termoeléctrica sobre los contaminantes

Los valores de HTP se encontraron dentro de los LMP (20 mg/L) y no presentaron diferencias interanuales para los puntos de muestreo ($p < 0,05$). Por otro lado, entre los puntos de muestreo hubo diferencias presentándose la mayor concentración de HTP en M2 = $2,59 \pm 5,08$ mg/L, y la menor concentración en M3 = $0,88 \pm 0,79$ mg/L ($F=2,82$ $p=0,041$), Figura 3 A. Sin embargo, en el punto de muestreo M2 en el año 2013 hubo un valor por encima del LMP de 25,90 mg/L y en el 2014 un valor elevado sobre la media de 12,80 mg/L, pero bajo el LMP de 20 mg/L, Figura 3 A. Los Aceites y Grasas se manifestaron bajo los LMP (30 mg/L). Al igual que el HTP no presentaron diferencias entre los distintos años. Pero si se detectaron diferencias entre los puntos de muestreos con un valor máximo de $6,84 \pm 17,41$ mg/L en M2, y un valor mínimo de $1,10 \pm 1,10$ mg/L en M3 ($F=3,62$; $p=0,015$). Sin embargo, en M2 en el año 2013 hubo un pico elevado de concentración de Aceites y Grasas de 75,30 mg/L y en 2014 34,40 mg/L, superando ambos los LMP, Figura 3 B. Lo que indica un mal funcionamiento del sistema separador API (American Petroleum Institute), el que puntualmente (años 2013 y 2014) incidió en contaminar el efluente final de descarga hacia el cuerpo receptor de agua marina. Los Fenoles no presentaron diferencias interanuales ni entre puntos de muestreo (Figura 4 A). En promedio se encontraron en el rango 0,06-0,09 mg/L por debajo del LMP 0,2 mg/L. No existiendo indicio de contaminación por compuestos fenólicos en ninguno de los tratamientos por año del recurso agua en TGM. En cuanto a la concentración de Sulfuros (Figura 4 B), no se evidenciaron diferencias significativas entre los distintos puntos de muestreo y los valores se presentaron en el rango (0,01-0,03) por debajo del LMP (0,5 mg/L). El Punto M1 mostró diferencias entre los años 2012 y 2015 con valores de Sulfuros de $0,015 \pm 0,004$ mg/L y $0,030 \pm 0,011$ mg/L, respectivamente ($F=4,29$; $p=0,011$); lo que indica una contaminación del sistema de aguas residuales domésticas con el de aguas industriales para los años evaluados (2012 y 2015). Los puntos M2, M3 y M4 no presentaron variaciones interanuales.

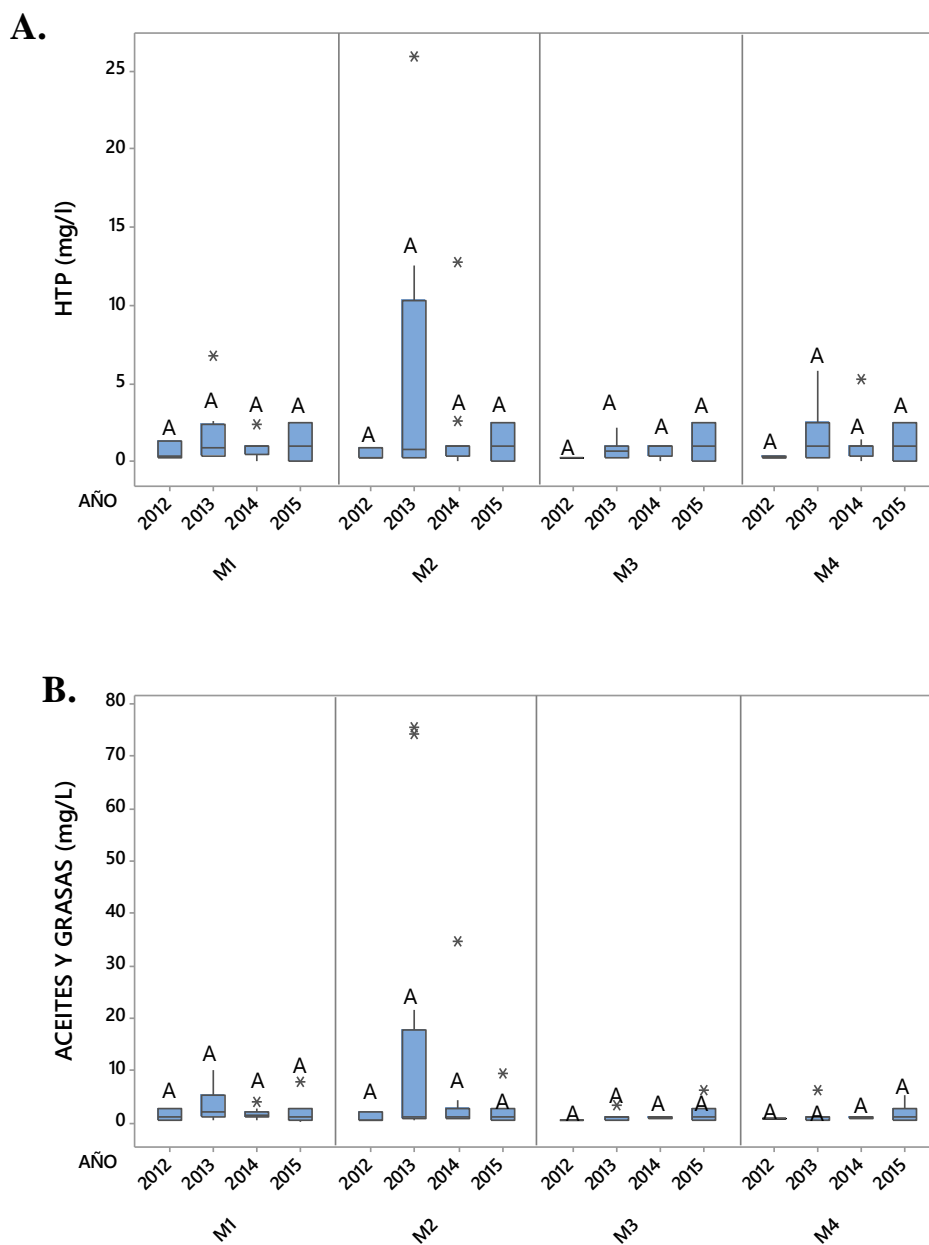


Figura 3. Efecto de la actividad de la termoelectrica entre los años 2012-2015 sobre los contaminantes HTP y aceites y grasas. En el agua de descarga: A. Hidrocarburos totales de petróleo (HTP) B. Aceites y Grasas. M1: Efluentes/Aguas Residuales Domésticas (PTAR), M2: Efluentes/Aguas Residuales Industriales (Separador API), M3: Efluente/Sistema de Tratamiento U-104 RO, M4: Efluente/Aguas hacia el Cuerpo Receptor. Los resultados se muestran en diagrama de caja y bigotes. Letras iguales indican que las medias entre años para cada punto de muestreo son iguales según ANOVA de una vía y test a posteriori de Tukey ($p < 0,05$).

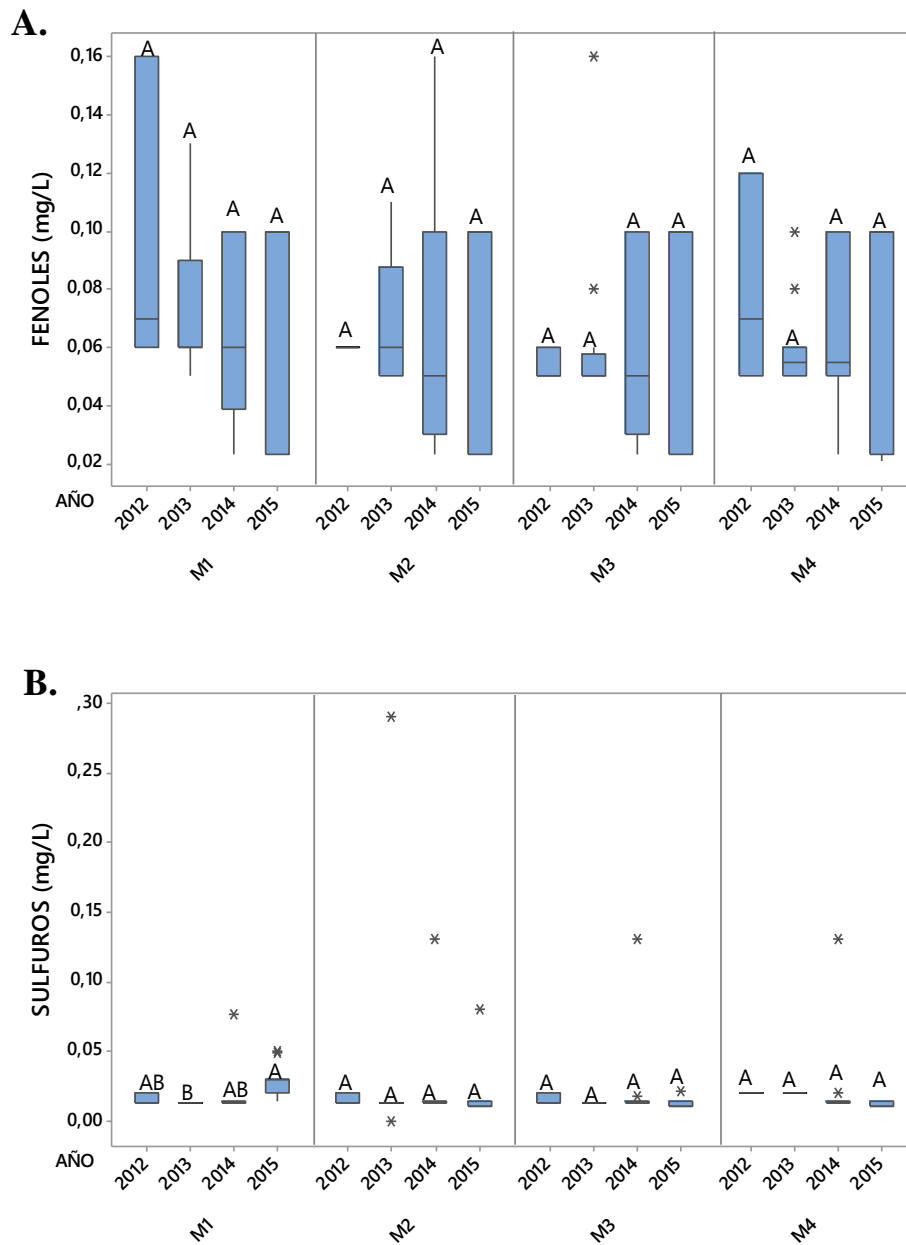
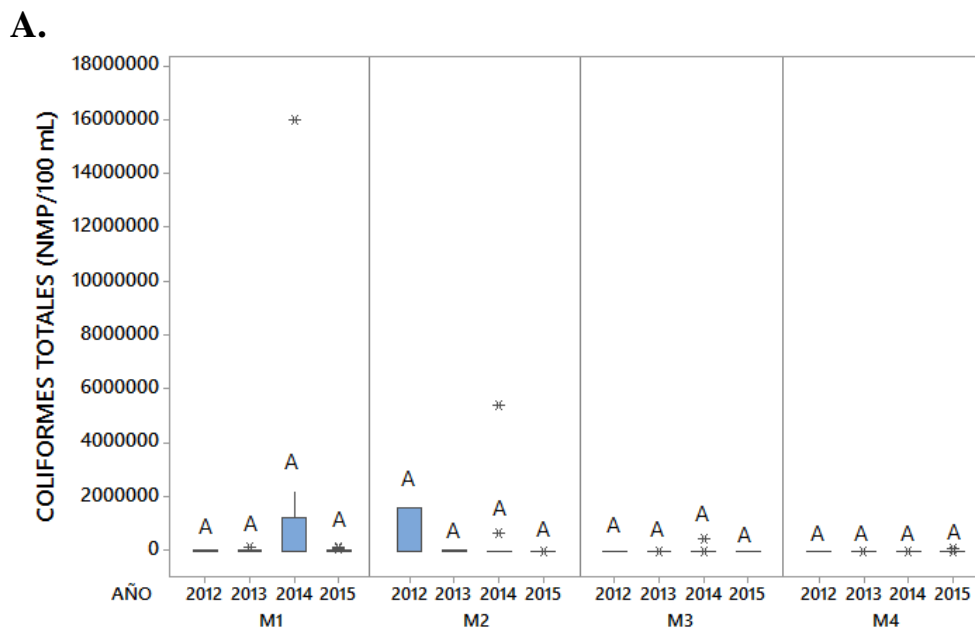


Figura 4. Efecto de la actividad de la termoeléctrica entre los años 2012-2015 sobre los parámetros Sulfuros y Fenoles del agua de descarga: A. Sulfuros y B. Fenoles. M1: Efluentes/Aguas Residuales Domésticas (PTAR), M2: Efluentes/Aguas Residuales Industriales (Separador API), M3: Efluente/Sistema de Tratamiento U-104 RO, M4: Efluente/Aguas hacia el Cuerpo Receptor. Los resultados se muestran en diagrama de caja y bigotes. Letras iguales indican que las medias entre años para cada punto de muestreo son iguales según ANOVA de una vía y test a posteriori de Tukey ($p < 0,05$).

La contaminación de origen biológica si fue significativa ya que superó los LMP de 2000 NMP/100, Figura 5. El punto M1 presentó un valor mínimo de 0 y máximo de 16×10^6 NMP/100

mL con un promedio de 15333 ± 16623 NMP/100 mL de CT. Por otro lado, en M2 se registraron valores de Coliformes de $0 - 54 \times 10^5$ NMP/100 mL con un promedio 533500 ± 923616 NMP/100 mL. En el punto M3 se registraron valores de $0 - 47 \times 10^4$ con un promedio 39215 ± 135662 NMP/100 mL. En el punto M4 se observaron valores de $0 - 78 \times 10^3$ con un promedio 7193 ± 23485 NMP/100 mL, Figura 5 A. Las CF superaron los LMP de 2000 NMP/100 mL solo para los puntos M1, M2 y M3. Con valores promedio de 10000 - 1385171 NMP/100 mL (M1), 64 - 23379 NMP/100 mL (M2), 0,60 - 18335 NMP/100 mL (M3). En M1 se observó un valor atípico de 16×10^6 NMP/100 mL en el año 2014, Figura 5 B. El punto M4 que es el que corresponde a la salida hacia el mar no supera los LMP con valores promedio de 18,5-260 NMP/100 mL, mínimos y máximos de 0 y 2000 NMP/100 mL, respectivamente. El valor de 2000 NMP/100 mL corresponde al año 2015 donde se observaron todas las anomalías para los otros parámetros, Figura 5 B.



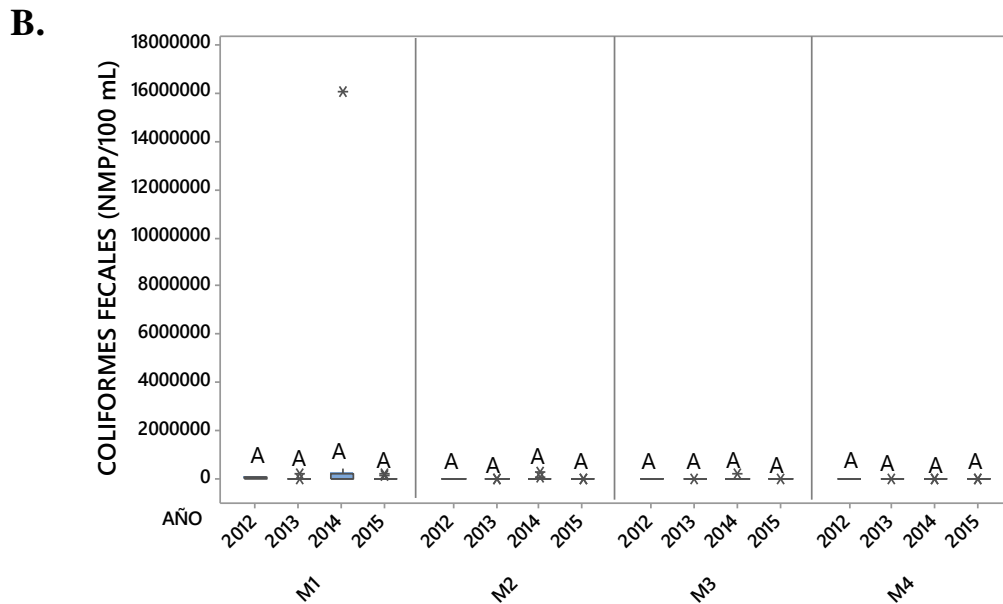


Figura 5. Efecto de la actividad de la termoeléctrica entre los años 2012-2015 sobre los Coliformes del agua de descarga: A. Totales y B. Fecales. M1: Efluentes/Aguas Residuales Domésticas (PTAR), M2: Efluentes/Aguas Residuales Industriales (Separador API), M3: Efluente/Sistema de Tratamiento U-104 RO, M4: Efluente/Aguas hacia el Cuerpo Receptor. Los resultados se muestran en diagrama de caja y bigotes. Letras iguales indican que las medias entre años para cada punto de muestreo son iguales según ANOVA de una vía y test a posteriori de Tukey ($p < 0,05$).

Los metales pesados Cobre (Cu), Cromo Hexavalente (Cr^{+6}), Plomo (Pb) y Zinc (Zn) no fueron detectados por el equipo en ninguno de los puntos de muestreo. Finalmente se realizó un análisis multivariado para observar si se encuentra relación entre los distintos parámetros. En el Dendrograma (Figura 6), se observa la similitud de los parámetros, HTP con Aceites y Grasas, Coliformes Totales (CT) con Coliformes Fecales (CF) y Sólidos Suspendedos Totales (SST) con Demanda Química de Oxígeno (DQO). Para confirmar dicha información se realizó un análisis de correlación de Pearson y se observó correlación entre HTP y AyG ($r=0,673$; $p=0,000$), CT vs CF ($r=0,885$; $p=0,000$) y SST vs DQO ($r=0,791$; $p=0,000$).

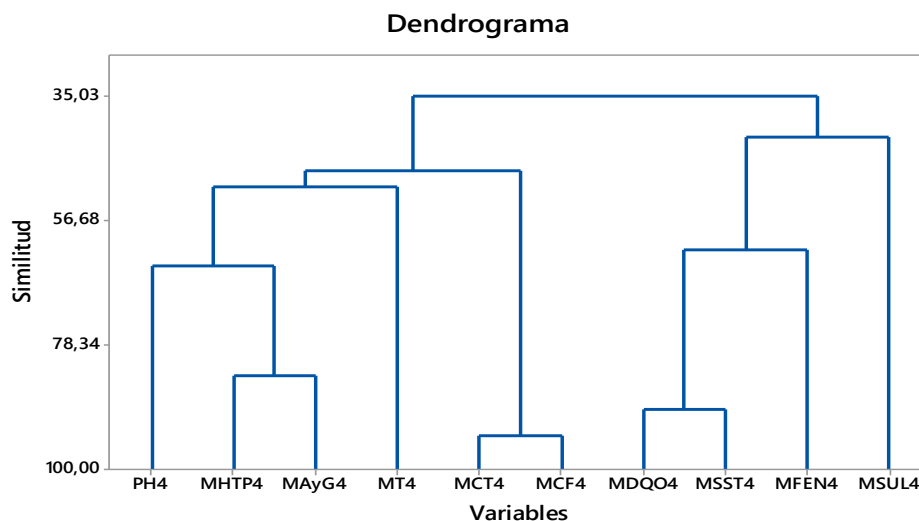


Figura 6. Dendrograma de correlación de entre los parámetros físico-químicos y biológicos del agua de descarga de la termoelectrica

De igual forma, el análisis de componentes principales mostró una correlación entre los Hidrocarburos Totales de Petróleo con Aceites y Grasas, Coliformes Totales (CT) con Coliformes Fecales (CF) y Sólidos Suspendedos Totales (SST) con Demanda Química de Oxígeno (DQO), Figura 7.

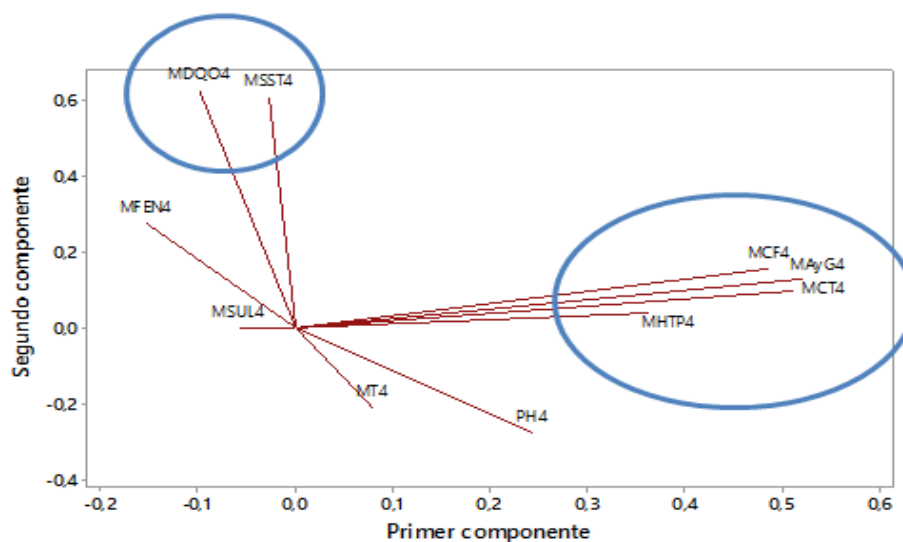


Figura 7. Análisis de componentes principales entre los parámetros físico-químicos y biológicos del agua de descarga de la termoelectrica

Eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales de TGM

La planta termoeléctrica TGM utiliza para su proceso industrial de generación eléctrica agua natural extraída de dos pozos denominados A y B. Los valores de CT no superaron los LMP. Sin embargo, el pozo B el año 2014 en el mes de mayo presentó una concentración extremadamente alta de 1100000 NMP/100 mL de CT, además en ese mismo mes y año se observaron todas las anomalías de los otros puntos de muestreo, Figura 8. Se obtuvieron valores 1100000 NMP/100 mL de CT en todas las muestras de agua residual doméstica, antes de ingresar a la PTAR para ser tratada. El punto M1 contrario a lo que se esperaría, puesto que se obtiene luego que el efluente ha recibido tratamiento; aunque algunos meses presentó cero CT el mes de mayo del 2014 mostró 2200000 NMP/100 mL de CT, el punto M2 reveló 5400000 NMP/100 mL de CT y el punto M3 indicó 470000 NMP/100 mL, Figura 8. El punto M4 que se corresponde al efluente que se liberó al mar, en el mes de mayo del año 2014 mostró 2500 NMP/100 mL de CT, por encima del LMP. En cuanto al análisis de las muestras de agua de mar tomadas aguas arriba y aguas abajo del punto de inmisión del emisario submarino, estas no superaron los LMP, presentando promedios entre 45 y 130 NMP/100 de CT mL aguas arriba y de 23 y 45 NMP/100 mL de CT aguas abajo, Figura 8.

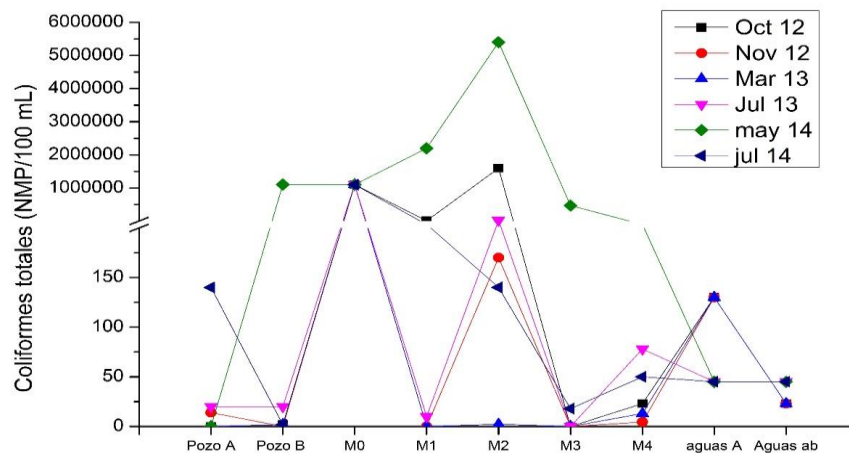


Figura 8. Coliformes Totales presentes en las diferentes fases de tratamiento del recurso agua: Aguas crudas (Pozo A y Pozo B), M0: Agua residual doméstica previa al ingreso a la PTAR, M1: Efluentes/Aguas Residuales Domésticas (PTAR), M2: Efluentes/Aguas Residuales Industriales (Separador API), M3: Efluente/Sistema de Tratamiento U-104 RO, M4: Efluente/Aguas hacia el Cuerpo Receptor. Aguas arriba. Aguas abajo. Se realizó un corte en el eje de la “Y” para que se puedan observar los valores bajos que se reportan para el punto M4 y los puntos de: Aguas arriba y Aguas abajo.

Discusión

Algunos estudios sugieren que la termoeléctrica Termogas Machala-Celec Ep (TGM) al descargar sus aguas residuales, están contaminando la zona de playa y el medio marino costero cercano a la comuna de Bajo Alto, ubicada en la parroquia Tendales, cantón de El Guabo, provincia de El Oro (Ministerio del ambiente, 2009; Gavilanes, 2015). Según la investigación de Barriga, 2010 la zona presenta evidencias de contaminación; en este trabajo se demuestra que no proviene de la empresa de generación eléctrica. Para realizar la comparación de los resultados de este estudio, los datos obtenidos se agruparon en dos grupos, el primero concerniente a los impactos de las termoeléctricas TGM y Termoguayas Generation S.A. (TGSA) sobre los parámetros físico-químicos (T°, pH, DQO, SST) del agua de descarga y el segundo sobre la detección de contaminantes químicos (HTP, Aceites y Grasas, Metales Pesados, Sulfuros y Fenoles), y biológicos (CT y CF) en los efluentes de descarga del proceso industrial de generación eléctrica: Aguas residuales domésticas (ARD), residuales industriales de enfriamiento (ARE) y de cubeto de retención (ARC), a fin de ser comparados con los LMP indicados por la Autoridad Ambiental competente (MAE). Alcanzando los siguientes resultados.

Impactos sobre los parámetros físico-químicos (T°, pH, DQO, SST).

En cuanto a la temperatura del agua durante el proceso industrial de generación de la termoeléctrica TGM no presentó ningún tipo de variación, manteniéndose dentro del LMP según el Acuerdo Ministerial 097A TULSMA (2015) al igual que la termoeléctrica TGSA, que, aunque utiliza agua del Río Guayas para su sistema de enfriamiento, conserva la temperatura por debajo del LMP (SAMBITO. AA2, 2011). Por otro lado, el pH para todos los puntos de muestreo de la termoeléctrica TGM se mantuvo bajo el LMP sugerido por el TULSMA para todos los años de muestreo. TGSA conserva el pH a lo largo de los años 2011 a 2014, dentro de los LMP. La DQO resultante de analizar los efluentes de los procesos industriales de la termoeléctrica TGM no estuvo por sobre el LMP sugerido por Acuerdo Ministerial 097-A, 2015, a diferencia de los efluentes de la termoeléctrica TGSA que se encuentran sobre los LMP.

La Demanda Química de Oxígeno resultante de analizar los efluentes de los procesos industriales de la termoeléctrica TGM no estuvo por sobre el LMP sugerido por Acuerdo Ministerial 097-A, 2015, a diferencia de los efluentes de la termoeléctrica TGSA que se encuentran sobre los LMP. Los SST de la planta de generación TGM, no superaron los LMP sugeridos por el Acuerdo Ministerial 097-A, 2015. Por el contrario, los SST de la termoeléctrica TGSA estuvieron por

encima de los LMP, para los años 2012, 2013 y muy por sobre norma en el caso del agua industrial de enfriamiento (Moreno, 2015).

Detección de contaminantes químicos (HTP, Aceites y Grasas, Metales Pesados, Sulfuros y Fenoles) y biológicos (Coliformes Totales y Fecales).

Los valores de HTP en TGM se presentaron dentro de los LMP (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015). De igual manera, en TGSA, los HTP se mantienen bajo los LMP con relación al agua residual industrial de enfriamiento y de cubeto (Moreno, 2015). Aceites y Grasas se detectaron bajo el LMP en la termoeléctrica TGM. Al igual que HTP estos no presentaron diferencias entre diferentes años. TGSA, para el ARD presentó valores que estuvieron bajo el LMP para todos los años de muestreo. Por otro lado, en TGM, no se detectaron metales pesados, Cu, Cr⁺⁶, Pb y Zn por lo que sus valores se encuentran por debajo de los límites detectables del equipo y por ende dentro de los LMP presentados en la Norma para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental del Recurso Agua de Centrales Termoeléctricas, Anexo 1A, R.O. No. 41, (Registro Oficial del Ecuador, 2007).

Por otro lado, la termoeléctrica TGSA presentó valores bajo los LMP para el Cromo Total, Plomo y Zinc; mientras el Cobre superó el LMP establecido en la norma del Acuerdo Ministerial 097-A, 2015. Los Sulfuros y Fenoles en la termoeléctrica TGM se presentaron en valores por debajo del LMP. La planta TGSA presentó valores por encima de los LMP, tanto para Sulfuros como Fenoles según la norma del Acuerdo Ministerial 097-A, 2015. Se presentó contaminación de origen biológico por CT y CF en los procesos de generación de TGM con un valor puntual en el año 2015, además en ese mismo año se observaron todas las anomalías para los otros parámetros medidos indicando fallos en los sistemas de depuración. Pero los datos del punto de muestreo correspondiente al efluente hacia el emisario submarino estuvieron bajo los LMP del Acuerdo Ministerial 097-A, 2015. Por el contrario, los contaminantes biológicos originados de los procesos de generación de TGSA superaron los LMP en todos los años medidos (Moreno, 2015).

Evaluación de la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales.

El sistema de tratamiento para recolectar y tratar las ARD en la termoeléctrica TGM, fue diseñado para 50 personas que produzcan un flujo de aguas crudas de 50 galones (189,27 litros) por individuo promedio/día, para un periodo de retención hidráulica mínimo de 20 horas. Según el análisis de los resultados obtenidos sobre la presencia de los CT en el recurso agua durante

todo el proceso de generación de electricidad por parte de la termoeléctrica desde su extracción de los pozos hasta su descarga a un cuerpo de agua marina. Se presentaron anomalías en el mes de mayo del 2014, coincidiendo con una marcada contaminación con Coliformes Totales del acuífero correspondiente al pozo B y el incremento de personal de hasta 180 trabajadores dentro de las instalaciones de la termoeléctrica. Se realizaron análisis puntuales de CT y CF de otros 4 pozos subterráneos con profundidades desde los 50 m. hasta los 165 m. encontrando contaminación por CT en uno de ellos, ubicado a aproximadamente 167 m. del pozo B de TGM, (GSA-TGM, 2013).

Se empleó una reingeniería al proceso de tratamiento de ARD con la aplicación en primer lugar de un procedimiento de recirculación del efluente entre el 35 % al 45 % entre la PTAR y el depósito TK-109, permitiendo así, reducir la carga orgánica que es enviada al sistema de lodos activados una vez estabilizado el pH en el tanque de ecualización (TK-109), (Yabroudi, Almarza, Pedrique, Cárdenas, & Herrera, 2009). En segundo lugar, se construyó dos reactores de primera generación (tanque séptico), para lograr una mayor eficiencia del tratamiento primario aplicado a las ARD en el área de ingreso a la planta (garita) y en área de las TM-2500, además de repotenciar el tanque séptico del área del comedor, servicios generales y médico (CEPIS, 2003).

Se procedió a instalar sistemas de bombeo y tuberías nuevas de los reactores de primera y segunda generación interconectados a la PTAR, procurando que los tiempos de retención hidráulica sean mayores para una mejor eficiencia del tratamiento anaerobio. Los valores obtenidos de CT y CF en el punto de descarga de los efluentes (emisario submarino), tanto a 100 m. aguas arriba como a 100 m. aguas abajo del punto de emisión de la tubería, se mantienen muy por debajo el LMP de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. Libro VI. Sobre 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.

Enfoque sobre la contaminación de las aguas del cuerpo receptor (Mares).

En el área de estudio otros investigadores registraron altas concentraciones de metales pesados. Barriga (2010), realizó un trabajo a lo largo del perfil costero de la comuna de Bajo Alto donde encontraron valores de 0,140 mg/L de Pb y 0,012 mg/L de Cd, todos estos valores sobre el LMP de 0,001 mg/L para el Plomo y 0.005 mg/L para el Cadmio dentro de los criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios. Por otro lado, García (2014), señala contaminación por metales pesados (arsénico,

mercurio, plomo y cadmio) en muestras de agua en el área de La Puntilla al norte de la termoeléctrica, encontrando valores superiores a los permisibles en el 50 % de las muestras por Hg con un valor promedio de 0.0016 mg/L y un máximo de 0,0032 mg/L por encima del LMP de 0,0001 mg/L. El Pb con un promedio de 0,0026 mg/L y un máximo de 0,006 mg/L superando el LMP de 0,001 mg/L (M.A.E. A.M-028, 2015).

De igual manera, Espinoza (2014), realizó una investigación al sur de la termoeléctrica, donde observó que existe contaminación por Hg, ya que este sobrepasa el LMP de 0,0001 mg/L con un valor promedio de 0,0005 mg/L en todas las muestras de agua y en sedimentos el Hg excede el LMP de 0,005 mg/Kg con un promedio de 0,0052 mg/Kg en el 50 % de las muestras y un máximo de 0,0074 mg/Kg, (Anexo 24) (M.A.E. A.M-028, 2015).

En cuanto a la contaminación biológica del cuerpo de agua marina un estudio elaborado por la Asociación de Estudios Marino Costeros para la Secretaría Técnica del Mar concerniente al análisis microbiológico realizado a distintas profundidades en el mar territorial y aguas interiores de la plataforma continental y relativo a la zona 5 donde se encuentra el Golfo de Guayaquil, determinó que en agosto del 2013 y enero del 2014 se encontraron valores por encima del LMP de Coliformes Totales y C. Fecales, indicando además que lo que podría estar causando esta anomalía serían los vertimientos de aguas contaminadas procedentes de poblaciones ribereñas o de factorías de la zona (SETEMAR, 2014).

Conclusiones

Esta investigación determinó que la operación de la Central Termoeléctrica Termogas Machala, no alteró los parámetros físico-químicos (Temperatura, pH, DQO, SST) del agua de descarga del proceso industrial de generación eléctrica y se concluye que no ocasiona contaminación de las aguas del cuerpo receptor. Tampoco se detectó contaminación de tipo químico (HTP, Metales Pesados, Sulfuros y Fenoles, Aceites y Grasas), ya que los valores se encuentran por debajo de los Límites Máximos Permisibles de la norma ecuatoriana. La contaminación de origen biológica con relación a los Coliformes Totales y C. Fecales, si fue significativa porque superó el LMP para los puntos de muestreo M1, M2 y M3. Se revela corrupción de los acuíferos desde donde es tomado el recurso agua, existiendo cierta tendencia de polución de la Cuenca Hidrológica por parte de las aguas superficiales afectadas por componentes antropogénicos, como son las actividades agrícolas y ganaderas.

Sin embargo, en el punto M4 de descarga al mar no se excedieron los Límites Máximos Permisibles de CT y CF. Por lo tanto, la biota marina no es afectada puesto que no se superó el LMP de la norma ecuatoriana para, descargas a un cuerpo de agua marina desde centrales termoeléctricas y para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, en aguas marinas y de estuario; establecidos en 200 NMP/100 mL para Coliformes Fecales, según el libro VI sobre la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. Al evaluar la calidad del agua vertida al cuerpo receptor se concluye que la termoeléctrica no está contaminando el cuerpo de agua marina adyacente a la planta termoeléctrica, por lo que posiblemente la contaminación tanto química como biológica en la zona, procede de fuentes externas a este proceso industrial de generación eléctrica.

Recomendaciones

En el presente trabajo se evidenció un irregular funcionamiento del sistema de tratamiento de afluentes al interior de la planta de termogeneración, por lo que se recomienda realizar un mantenimiento y repotenciación total del mismo, además de mejorar el método de cloración del proceso M4 (descarga al efluente marino), que evitaría descargas de CT y C. Fecales al cuerpo de agua marino receptor. La Termoeléctrica TGM, dispone del monitoreo ambiental mensual de los efluentes descargados desde la central. Sin embargo, se observa que las muestras tomadas son colectadas de forma puntual (muestras simples), por lo que se recomienda se aplique el muestreo compuesto de seis horas, el cual, es el requerido por la Normativa Ambiental vigente (Art. 4.4.2.3. del Anexo 1A del Libro VI del TULSMA. A.M. 155, R.O. 41 del 14 de marzo de 2007), además de monitorear las aguas del cuerpo marino receptor (el mar) donde se encuentra el punto de evacuación del emisario submarino puesto que dicho emisario es compartido con la planta deshidratadora de Gas Natural perteneciente a Petroecuador Ep.

Por otro lado, se sugiere continuar el proceso de investigación sobre los impactos al ambiente por parte de otros modelos de termogeneración eléctrica y profundizar en las fuentes de contaminación por metales pesados y demás factores físico, químicos y biológicos que alteran el equilibrio de la zona marítimo costera inmediatamente más cercana a las mismas, como es el caso de las cuencas hidrográficas implicadas lo cual permitirá localizar los puntos de origen de polución para así tomar las medidas adecuadas a fin de mitigar el impacto que estos contaminantes causan al ambiente. Se recomienda realizar estudios de contaminación de las

aguas subterráneas de toda la Cuenca Hidrológica del Río Pagua, al existir indicios de contaminación por Coliformes Totales y C. Fecales. También se sugiere al G.A.D de El Guabo, implemente un sistema adecuado de tratamiento de las aguas residuales domésticas de las comunas de Bajo Alto y La Puntilla, para así disminuir la carga de contaminantes microbiológicos antes de ser descargados al cuerpo de agua marina.

Referencias

1. Abollino, O., Aceto, M., Malandrino, M., Mentaste, E., Sarzanini, C., & Barberis, R. (02 de 2002). www.researchgate.net. Recuperado el 10 de 10 de 2016, de https://www.researchgate.net/publication/11229743_Distribution_and_mobility_of_metals_in_contaminated_sites_Chemometric_investigation_of_pollutant_profiles
2. Acuerdo Ministerial 097-A. (04 de 11 de 2015). <http://gis.uazuay.edu.ec>. Recuperado el 13 de 10 de 2016, de http://gis.uazuay.edu.ec/ide2015/links_doc_contaminantes/Registro%20Oficial%20387%20-%20AM%20140.pdf
3. Acuerdo Ministerial Nro. 155. (14 de 03 de 2007). www.efficacitas.com. Recuperado el 15 de 04 de 2016, de http://www.efficacitas.com/efficacitas_es/assets/Registro%20Oficial%20Normas%20Tecnicas%20Ambientales.pdf
4. Albert, L. (1999). *Cuso Básico de Toxicología Ambiental*. México: Noriega Editores.
5. Andrade V., H., Gutiérrez, S., & Andrade C., H. (2013). <http://www.cpps-int.org/>. (C. P. CPPS, Ed.) Recuperado el 02 de 06 de 2015, de http://cpps.dyndns.info/cpps-docs-web/planaccion/docs2013/sept/CONPACSE_2013_FIN_v2.pdf
6. ARCONEL. (2015). www.regulacioneolica.gob.ec. Recuperado el 17 de 08 de 2016, de <http://www.regulacioneolica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/11/016.pdf>
7. Arcos, M., Avila, S., Estupiñán, S., & Gómez, A. (12 de 12 de 2005). <http://www.unicolmayor.edu.co>. Recuperado el 20 de 10 de 2016, de <http://www.unicolmayor.edu.co/publicaciones/index.php/nova/article/view/47/92>
8. ATSDR. (1998). <https://www.atsdr.cdc.gov>. Recuperado el 08 de 12 de 2016, de https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts123.html
9. Araujo, G. (07 de 2015). <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/>. Recuperado el 10 de

- 08 de 2016, de <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/1779/1/T-SENESCYT-00973.pdf>
10. Baños, L. (2012). repositorio.ug.edu.ec. Recuperado el 10 de 10 de 2016, de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/11939/2/Tesis%20Grado%20Guillermo%20Banos%202.pdf>
 11. Barriga, A. (2010). Universidad Tecnica de Machala. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Carrera de Ingenieria Acuicola. *Determinación de los Indices de Contaminación por Metales Pesados (Plomo y Cadmio) en Aguas del Perfil Costero de la Parroquia Bajo Alto en el Cantón El Guabo*. El Oro, Ecuador.
 12. Boluda Botella, N. (2008). Introducción a la contaminación marina. Principales fuentes de contaminación. Universidad de Alicante, Ingenieria Quimica. Alicante: Facultad de Ciencias del Mar.
 13. CAAM . (1996). Sistemas Biofísicos en el Golfo de Guayaquil. Quito: Comision Asesora Ambiental de la Presidencia de la Republica del Ecuador.
 14. Cabarcos, J. (18 de 12 de 2006). www.mundiagua.com. Recuperado el 10 de 10 de 2016, de <http://www.mundiagua.com/publicaciones/adobe/boletin-agua.pdf>
 15. Camacho. (2009). <http://monografias.umcc.cu>. Recuperado el 2016, de <http://monografias.umcc.cu/monos/2009/AGRONOMIA/m09agr9.pdf>
 16. Camacho, R. (05 de 2013). <http://bibdigital.epn.edu.ec>. Recuperado el 10 de 10 de 2016, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6390/1/CD-4900.pdf>
 17. Campos , A. (2014). www.academia.edu. Recuperado el 25 de 08 de 2016, de http://www.academia.edu/8618821/Disponibilidad_de_agua_en_Ecuador_2014
 18. Campos. (1998). [books.google.com.ec](https://books.google.com.ec/books?id=tkUYqd0Aac8C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=true). Recuperado el 15 de 08 de 2016, de https://books.google.com.ec/books?id=tkUYqd0Aac8C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=true
 19. Cárdenas. (2014). <http://dspace.ucuenca.edu.ec>. Recuperado el 05 de 07 de 2016, de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/20908>
 20. Cárdenas, C. (11 de 2014). dspace.ucuenca.edu.ec. Recuperado el 2016, de dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/20908/1/TESIS%20PDF.pdf
 21. Carpio, N. (2016). Cuantificación de Cadmio(Cd) y Plomo (Pb) en agua, sedimento y plantas en el Río Chimbo del Cantón Marcelino Maridueña, Priv. Guayas. Guayquil,

- Guayas, Ecuador: Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Naturales. Recuperado el 10 de 12 de 2016
22. Castro. (11 de 2011). *www.amazonia-andina.org*. Recuperado el 09 de 10 de 2016, de http://www.amazonia-andina.org/sites/default/files/matriz_energetica_ecuador.pdf
 23. Cárdenas. (2014). <http://dspace.ucuenca.edu.ec>. Recuperado el 05 de 07 de 2016, de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/20908>
 24. Celec Ep. AA2. (07 de 08 de 2011). *www.celec.gob.ec*. Obtenido de https://www.celec.gob.ec/transelectric/images/stories/baners_home/AA/aa2_It_esclusas_t_rinitaria.pdf
 25. Cepis. (2003). <http://www.bvsde.paho.org>. Recuperado el 20 de 01 de 2017, de http://www.bvsde.paho.org/bvsatp/e/tecnologia/documentos/sanea/etTanque_septico.pdf
 26. Clark, R. (2001). *Marine Pollution* (Fifth ed.). Oxford, United States: Oxford University Press Inc.
 27. Climate-Data.Org. (2016). *es.climate-data.org*. Recuperado el 22 de 08 de 2016, de <http://es.climate-data.org/location/181556/>
 28. Cortés, J. (1993). *Metales pesados en agricultores expuestos a aguas residuales en el Distrito 03 - Tula*. Instituto Nacional de Salud Pública. México, México
 29. Echavarrí, B. (2007). *Estudio de los efectos sobre el medio litoral derivados de la implantación de saneamientos integrales en la costa Cantábrica*. (D. d. ambiente, Ed.) Cantabria, España: Universidad de Cantabria.
 30. Echeverría, G. (2013). *www.dspace.espol.edu.ec*. Recuperado el 5 de 10 de 2016, de <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/25207/1/TESIS%20GUSTAVO%20ECHEVERRIA%20FIGUERO%20%28INGENIERIA%20MECANICA%29%20%285%29.pdf>
 31. Edmunds , W., Neal, C., OsterKamp, W., Jones, D., & Ridgway, J. (2004). *www.lgt.lt*. Recuperado el 17 de 10 de 2016, de www.lgt.lt/geoin/files/24_Calidad_del_agua_superficial.DOC
 32. Efficacitas Consultora Cía. Ltda. (Julio de 2015). *Auditoria Ambiental Interna de la Central TGM Machala correspondiente al periodo comprendido entre el 01 de Enero y 31 de Diciembre del año 2014*. Machala.

33. Elicrom Cía Ltda. (2016). *www.elicrom.com*. Recuperado el 09 de 09 de 2016, de <http://multiparámetro-hq40d/>
34. Escobar, J. (2002). La contaminación de los rios y sus efectos en las areas costeras y el mar. Santiago de Chile: CEPAL-Division de Recursos Naturales e Infraestructura.
35. Espinoza, C. (2014). *Incidencia de la Contaminación Orgánica y de metales Pesados sobre la Biodiversidad Marino Costera del Sitio Costa Rica*. Machala, El Oro, Ecuador.
36. FAO. (1997). *www.fao.org*. Recuperado el 25 de 10 de 2015, de www.fao.org/docrep/w2598s/w2598s03.htm
37. FAO. (1997). *www.fao.org*. Recuperado el 17 de 10 de 2016, de <http://www.fao.org/docrep/w2598s/w2598s05.htm>
38. FUNIBER. (2011). Gestión de los Contaminantes Acuáticos. El agua y los seres humanos. Barcelona: Funiber.
39. GADPEO. (2015). <http://app.sni.gob.ec>. Recuperado el 15 de 01 de 2017, de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0760000180001_PDY_OT-PROVINCIA%20EL%20ORO-14-08-2015_14-08-2015_18-31-46.pdf
40. Galarza, W. (2016). *Informe de Gestión Social y Ambiental, Termogas Machala-Celec Ep*. Termogas Machala-Celec Ep, G.S.A, Bajo Alto, parroquia Tendales, Canton de El Guabo, prov. de El Oro.
41. Galparsoro, C. (2011). Aguas litorales. Herramientas de gestión y control de la calidad. En A. C. Agua, Gestión de los contaminantes acuáticos (págs. 107-160). Barcelona, España: Funiber.
42. Gavilanez, A. (20 de 11 de 2015). *repositorio.utmachala.edu.ec*. Recuperado el 13 de 08 de 2016, de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/3792/1/CD00278-2015-Trabajo%20Completo.pdf>
43. Garcia, W. (2014). Universidad Tecnica de Machala. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Carrera de Ingenieria Acuicola. *Incidencia De La Contaminación Orgánica Y De Metales Pesados Sobre La Biodiversidad Marino Costera Del Sitio La Puntilla, Cantón El Guabo*. Machala, El Oro, Ecuador. Recuperado el 14 de Mayo de 2015, de http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/1984/7/CD669_TESIS.pdf

44. Gsa-Tgm. (2013). *Análisis físico químicos de aguas naturales subterráneas*. Machala. Recuperado el 13 de 01 de 2017
45. Guirado, R., Asensi, R., Jurado, F., & Carpio, J. (03 de 2006). *issuu.com*. (McGrawHill, Ed.) Recuperado el 10 de 08 de 2016, de https://issuu.com/serginho78/docs/tecnologia_electrica
46. Hart, C., & Fuller, S. (1974). *Pollution Ecology of Freshwater invertebrates*. Academic Press Inc. New York.
47. Hernandez, A. (2000). *Abastecimiento y distribución del agua (4ª edición ed.)*. (C. y. Colegio de Ingenieros de Caminos, Ed.) Madrid: Colección Señor.
48. Hurtado & Hurtado Asociados. (2012). <http://www.cpps-int.org/>. Recuperado el 02 de 01 de 2016, de http://cpps.dyndns.info/cpps-docs-web/planaccion/docs2013/mar/xix_ag/025.%20INFORME_FINAL_ECU_CONTAMINACION%20MARINA.pdf
49. IANAS. (2012). Recuperado el 2 de Enero de 2016, de <http://www.ianas.org/>: http://www.ianas.org/water/book/diagnostico_del_agua_en_las_americas.pdf
50. Illescas, J. (11 de 2016). <http://www.repositorio.usac.edu.gt>. Recuperado el 18 de 01 de 2017, de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/5903/1/Jonahatan%20Alexander%20Illescas%20Chico.pdf>
51. INAMHI. (2016). <http://www.serviciometeorologico.gob.ec>. Recuperado el 15 de 08 de 2016, de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202011.pdf>
52. Inem 2169. (11 de 1998). <https://law.resource.org>. Recuperado el 10 de 09 de 2016, de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2169.1998.pdf>
53. Inem 2176. (08 de 1998). <https://law.resource.org>. Recuperado el 20 de 08 de 2016, de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2176.1998.pdf>
54. Instituto Nacional de Ecología. (07 de 2007). www.inecc.gob.mx. (O. Sánchez, M. Herzig, E. Peters, R. Márquez, & L. Zambrano, Edits.) Recuperado el 16 de 10 de 2016, de <http://www.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/533.pdf>
55. Jeng, A., Daniels, R., Sinclair, R., & Englande, A. (01 de 06 de 2005). www.researchgate.net. Obtenido de

- https://www.researchgate.net/publication/230760184_Survival_of_Enterococci_facalis_in_estuarine_sediments
56. Kemmer, F. (1993). Manual del agua: Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. México: McGraw Hill - Interamericana.
 57. Komex Internacional Ltd. (Enero,2001). Estudio de Impacto Ambiental para la Planta de Generación Termoelectrica EDC-Machala y Lineas de Transmision. Machala.
 58. Kraus, R. (1989). <http://www.insht.es>. Recuperado el 12 de 11 de 2016, de <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo3/78.pdf>
 59. Kuffó, A. (2013). repositorio.ug.edu.ec. Recuperado el 15 de 03 de 2016, de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/3178/1/TESIS%20-%20KUFF%20C3%93%20NIVELES%20DE%20CADMIO%2c%20CROMO%2c%20PLOMO%2c%20Y%20SU%20BIOACUMU.pdf>
 60. Lazo, R. (30 de 04 de 2010). <http://opac.fmoues.edu.sv>. Recuperado el 10 de 10 de 2016, de <http://opac.fmoues.edu.sv/infolib/tesis/50107444.pdf>
 61. M.a.e. A.M-028. (13 de 02 de 2015). <http://ecuadorforestal.org>. Recuperado el 22 de 06 de 2016, de <http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/05/Libro-VI-Calidad-Ambiental.pdf>
 62. Majluf, P. (2002). Los Ecosistemas Marino Costeros. Lima, Perú: ATN/JF-5887/RG CAN-BID.
 63. Malacalza, L. (2013). <http://sedici.unlp.edu.ar>. Recuperado el 17 de 10 de 2016, de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/38507>
 64. McCambridge, J., & McMeekin, T. (02 de 03 de 1981). <http://aem.asm.org>. Recuperado el 17 de 10 de 2016, de <http://aem.asm.org/content/41/5/1083.full.pdf>
 65. McJunkin, E. (1988). apps.who.int. (S. d. Editorial Limusa, Ed.) Recuperado el 11 de 10 de 2016, de <http://apps.who.int/iris/handle/10665/173949>
 66. Mero, M. (2010). repositorio.ug.edu.ec. Recuperado el 20 de 08 de 2015, de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/776/1/Determinaci%C3%B3n%20de%20metales%20pesados%20en%20moluscos%20bivalvos%20de%20inter%20comercio%20de.pdf>

67. Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos. (2015). www.sectoresestrategicos.gob.ec. Recuperado el 13 de 08 de 2016, de <http://www.sectoresestrategicos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/01/Resumen-Balance-Energetico-20151.pdf>
68. Ministerio de Hidrocarburos. (18 de 05 de 2004). www.hidrocarburos.gob.ec. Recuperado el 17 de 08 de 2016, de <http://www.hidrocarburos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Orgánica-de-Transparencia-y-Acceso-a-la-Información-Pública-publicada-en-el-Registro-Oficial-Suplemento-No.-337-del-18-de-mayo-de-2004-11.pdf>
69. Ministerio del Ambiente. (2009). <http://simce.ambiente.gob.ec>. Recuperado el 2016, de <http://simce.ambiente.gob.ec/sites/default/files/documentos/belen/Estudio%20Final%20Zonificación%20y%20Ordenamiento%20zona%20costera.pdf>
70. Ministerio del Ambiente. (20 de 04 de 2010). simce.ambiente.gob.ec. Recuperado el 18 de 07 de 2016, de <http://simce.ambiente.gob.ec/sites/default/files/documentos/anny/Conservación%20de%20la%20Biodiversidad%20Marina%20y%20Costera%20del%20Ecuador.pdf>
71. Ministerio del Ambiente del Ecuador. (23 de Agosto de 2001). Recuperado el 14 de Agosto de 2015, de <http://dspace.unm.edu/bitstream/handle/1928/19041/REGLAMENTO%20AMBIENTAL%20PARA%20ACTIVIDADES%20ELECTRICAS.pdf?sequence=1>
72. Ministerio del Ambiente del Ecuador. (13 de Febrero de 2001). Recuperado el 11 de Marzo de 2015, de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/RAOHE-DECRETO-EJECUTIVO-1215.pdf>
73. Ministerio del Ambiente del Ecuador. (04 de Mayo de 2015). Recuperado el 10 de Junio de 2015, de <http://suia.ambiente.gob.ec:8080/suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/185880/ACUERDO+061+REFORMA+LIBRO+VI+TULSMA+-+R.O.316+04+DE+MAYO+2015.pdf/3c02e9cb-0074-4fb0-afbe-0626370fa108>
74. Miranda, F. (18 de 10 de 2002). www.cepal.org. (CEPAL, Ed.) Recuperado el 15 de 10 de 2016, de <http://repositorio.cepal.org/handle/11362/25584>

75. Miranda, F. (18 de 10 de 2002). www.cepal.org. (CEPAL, Ed.) Recuperado el 15 de 10 de 2016, de <http://repositorio.cepal.org/handle/11362/25584>
76. Moncayo, D., Trejos, R., Maridueña, A., & Castro, R. (2010). Niveles de mercurio, Cadmio y Plomo en Productos Pesqueros de Exportación. *Revista Ciencias del Mar y Limnología*, 65-74.
77. Montaña, M., & Sanfeliu, T. (08 de 2008). <http://repositori.uji.es>. Recuperado el 25 de 08 de 2016, de <http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/20033/32784.pdf?sequence=1>
78. Morales, P., & Valladarez, A. (2012). dspace.ucuenca.edu.ec. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/698/1/te329.pdf>
79. Moreno, H. (08 de 2015). Auditoria Ambiental Interna. Cinco Barcazas de Termoguayas Generation S.A.150 Mw. *Termoguayas Generation S.A.* Guayaquil, Guayas, Ecuador.
80. Naranjo, Y., & Troncoso, W. (2008). <http://www.scielo.org.co>. Recuperado el 12 de 10 de 2016, de <http://www.scielo.org.co/pdf/mar/v37n2/v37n2a07.pdf>
81. NEMI. (2016). <https://www.nemi.gov>. Recuperado el 11 de 12 de 2016, de https://www.nemi.gov/methods/method_summary/5583/
82. ONU-DAES. (22 de 10 de 2014). www.un.org. Recuperado el 14 de 10 de 2016, de <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>
83. PEMEX. (2009). www.pemex.com. Recuperado el 8 de Agosto de 2015, de http://www.pemex.com/acerca/informes_publicaciones/Documents/informes_art70/INFORME%20ANUAL%20PEMEX%202009.pdf
84. Pérez, J., & Vallverdú, A. (02 de 1997). www.dipalme.org. Recuperado el 18 de 10 de 2016, de [http://www.dipalme.org/Servicios/Anexos/anexosiea.nsf/VAnexos/IEA-SA-C13/\\$File/SA-C13.pdf](http://www.dipalme.org/Servicios/Anexos/anexosiea.nsf/VAnexos/IEA-SA-C13/$File/SA-C13.pdf)
85. PNUMA - FONAG. (06 de 2011). www.pnuma.org. Recuperado el 15 de 08 de 2016, de <http://www.pnuma.org/agua-miaac/Documentos/Asistenciatecnica/Sistematizacion%20PNUMA%20-%20FONAG.pdf>
86. Pontón, D. (02 de 2016). <http://repositorio.ug.edu.ec>. Recuperado el 25 de 11 de 2016, de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/11974/1/TESIS%20DIEGO%20PONT%20C3%2093N%2016%20feb%202016.pdf>

87. Quintana, I. (2014). *issuu.com*. Recuperado el 20 de 08 de 2016, de https://issuu.com/tejemedios/docs/trabajo_final_termoelectricas
88. Ramos, R., Sepúlveda, R., & Villalobos, F. (2003). <https://books.google.com.ec>. Recuperado el 07 de 12 de 2016, de https://books.google.com.ec/books?id=b8l-xhCHPEYC&pg=PA88&lpg=PA88&dq=materia+flotante&source=bl&ots=Ttt1OI9CCe&sig=_JWAeY665lBxbf1RAZUgH-0dzLU&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiN2tXw1uPQAhVE7CYKHVRCDkQ4ChDoAQgtMAM#v=onepage&q=s%C3%B3lidos%20suspendidos&f=true
89. Registro Oficial del Ecuador. (14 de 03 de 2007). *www.derechoecuador.com*. Recuperado el 23 de 10 de 2015, de <http://www.derechoecuador.com/productos/producto/catalogo/registros-oficiales/2007/marzo/code/18854/registro-oficial-14-de-marzo-del-2007>
90. Rogner, H.-H., & Popescu, A. (2000). *www.undp.org*. (U. N. Programme, Ed.) Recuperado el 09 de 10 de 2016, de <http://www.undp.org/content/dam/aplaws/publication/en/publications/environment-energy/www-ee-library/sustainable-energy/world-energy-assessment-energy-and-the-challenge-of-sustainability/World%20Energy%20Assessment-2000.pdf>
91. Sambito. (2012). *Actualización del Plan de Manejo Ambiental Central Termoeléctrica termogas Machala 299,6 MW*. Guayaquil.
92. Sambito. AA2. (07 de 08 de 2011). *www.celec.gob.ec*. Obtenido de https://www.celec.gob.ec/transelectric/images/stories/baners_home/AA/aa2_lt_esclusas_t_rinitaria.pdf
93. Santos, F., Montes, C., Alcorlo, P., García, S., González, B., Vidal, M., . . . Benayas, J. (2015). *www.um.es*. (F. E. Pesca, Ed.) Recuperado el 16 de 10 de 2016, de <http://www.um.es/prinum/uploaded/files/2015-07-03-estudio-final-mejora-pesca-espana.pdf>
94. Scelzo, M. (1997). <http://www.scielo.cl>. Recuperado el 09 de 12 de 2016, de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-71781997002500013
95. SENAGUA. (2011). *www.agua.gob.ec*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2015, de <http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/08/InformeGestion2010-2011.pdf>

96. SENAGUA. (2012). Análisis de la calidad del agua en las cuencas de los ríos Balao, Gala, Tenguel, Siete y Pagua. Machala: Demarcación Hidrográfica Jubones. Recuperado el 17 de 01 de 2017
97. SENAGUA. (2013). Informe de interpretación de los resultados de los análisis de calidad del agua de la cuenca de los rios Chaguana, Pagua, Siete, Tenguel, Gala y afluentes. Machala: Demarcación Hidrográfica Jubones. Recuperado el 17 de 01 de 2017
98. SETEMAR. (2014). ESTUDIOS DE CARACTERIZACIÓN DEL MAR TERRITORIAL CONTINENTAL DEL ECUADOR, BASES PARA LOGRAR LA ZONIFICACION MARINA. Guayaquil: CONSULSUA-GEOESTUDIOS.
99. Severiche, C., Castillo, M., & Acevedo, R. (2013). <http://www.eumed.net>. Recuperado el 06 de 12 de 2016, de <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/1326.pdf>
100. Severiche, C., Castillo, M., & Acevedo, R. (2013). www.eumed.net. Recuperado el 10 de 10 de 2016, de <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/1326.pdf>
101. Sma. (2014). www.sma.gob.cl. Recuperado el 20 de 02 de 2015, de www.sma.gob.cl/index.php/.../guias.../217-guia-sma-termoelectricas
102. Smith, B., & Day, L. (2002). System description & operating instructions plant drains system SDOI-10. Washington: Machala Power Project.
103. Spiegel, J., & Maystre, L. (2000). (O. I. TRABAJO, Ed.) Recuperado el 25 de 02 de 2015, de <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/55.pdf>
104. Standard Methods. (2001). <https://www.standardmethods.org>. Recuperado el 11 de 12 de 2016, de <https://www.standardmethods.org/store/ProductView.cfm?ProductID=41>
105. Suárez, E. (08 de 2013). www.kas.de. Recuperado el 10 de 10 de 2016, de http://www.kas.de/wf/doc/kas_36621-1522-4-30.pdf?140120190142
106. Suarez, J., Tejero, I., & Jácome, A. (1997). www.geama.org. Recuperado el 18 de Septiembre de 2015, de www.geama.org/sanitaria/index.php?o=downloads&i=214
107. Tacon, A. (1989). <http://www.fao.org>. Recuperado el 10 de 12 de 2016, de <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab492s/ab492s04.htm>
108. Talavera, V., & Zapata, L. (07 de 1998). <http://www.nicovita.com>. Recuperado el 06 de 12 de 2016, de http://www.nicovita.com/extranet/Boletines/jul_98_03.pdf

109. Tarbuck, E., Lutgens, F., & Tasa, D. (2005). *Ciencias de la Tierra* (Octava edición ed.). (A. T. científicas, Trad.) Madrid: Pearson Educación S.A.
110. Torres, P., Jenny, R., Barba, L., Morán, A., & Narváez, J. (06 de 2005). <http://rcientificas.uninorte.edu.co>. Recuperado el 22 de 01 de 2017, de <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria/article/viewFile/2405/1563>
111. Torres, R. (2010). dspace.ups.edu.ec. Recuperado el 17 de 08 de 2016, de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2637/15/UPS-CT002222.pdf>
112. Tudurí, A. (2012). <http://www.bib.fcien.edu.uy>. Recuperado el 04 de 12 de 2016, de <http://www.bib.fcien.edu.uy/files/etd/pasan/uy24-15753.pdf>
113. U.S. Department of the Interior. (02 de 12 de 2016). <http://water.usgs.gov>. Recuperado el 20 de 10 de 2016, de <http://water.usgs.gov/edu/earthwherewater.html>
114. US. EPA. (03 de 2015). www.epa.gov. Recuperado el 18 de 10 de 2016, de https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-03/documents/list_of_lists.pdf
115. Valverde, T., Meave, J., Carabias, J., & Cano, Z. (2005). <https://books.google.com.ec>. Recuperado el 04 de 12 de 2016, de https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=oHJqJzvVdQoC&oi=fnd&pg=PT5&dq=ecologia+y+medio+ambiente&ots=KQhLHFS58j&sig=hd6256OKbDPS7t9eW0NTTG RxXVE&redir_esc=y#v=onepage&q=ecologia%20y%20medio%20ambiente&f=false
116. Veintimilla, L., Espinoza, K., & Metz, J. (2005). <http://repositorio.ug.edu.ec>. Recuperado el 21 de 01 de 2016, de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/736/1/967.pdf>
117. Vera, L., Uguña, M., García, N., Flores, M., & Vásquez, V. (06 de 03 de 2015). www.raco.cat. Recuperado el 17 de 10 de 2016, de <http://www.raco.cat/index.php/afinidad/article/viewFile/308436/398451>
118. Yabroudi, S., Almarza, J., Pedrique, F., Cárdenas, C., & Herrera, L. (11 de 2009). <http://www.scielo.org.ve>. Recuperado el 22 de 08 de 2016, de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442009001100004
119. Zambrano, M., Casanova, R., Prada, J., Arencibia, G., Vidal, A., & Capetillo, N. (2012). www.scielo.cl. Recuperado el 12 de 10 de 2016, de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-65382012000200001