

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL CANTÓN PORTOVIEJO Y SU POTENCIAL IMPACTO AMBIENTAL

THE TREATMENT OF WASTEWATER IN PORTOVIEJO CANTON AND ITS POTENTIAL ENVIRONMENTAL IMPACT

AUTORES: Arturo Andrés Hernández Escobar¹

Alex Joffre Quimis Gómez²

Gary Daniel Molina Barreiro³

Luis Alfonso Moreno Ponce⁴

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: Universidad Estatal del Sur de Manabí, Km 1 ½ vía Noboa S/N Campus Los Ángeles - Jipijapa- Ecuador, arturo.hernandez@unesum.edu.ec

Fecha de recepción: 22-05-2017

Fecha de aceptación: 19-07-2017

RESUMEN

El trabajo aborda la situación del tratamiento de las aguas residuales en las condiciones de la Planta de tratamiento del Cantón de Portoviejo, en la provincia de Manabí, considerando la actualidad e importancia que, en el mundo, se concede a esta actividad. Su realización tiene como objetivo identificar si el efluente descargado al cauce del río Portoviejo cumple con la norma técnica de calidad ambiental, vigente para el territorio nacional de la República del Ecuador. Se consideraron indicadores de carácter físico, químico, orgánico - biológicos y microbiológicos y se aplicaron métodos de medición y observación, en correspondencia con los intereses de la investigación. Se constató que, de manera general los resultados del funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas residuales estudiada se ajustan a las normas establecidas en la legislación vigente, sin embargo, fue posible identificar algunos elementos de carácter negativo para la relación con el entorno.

PALABRAS CLAVE: Monitoreo, impacto, evaluación, ambiente.

ABSTRACT

The paper addresses the situation treatment of wastewater in the General Terms of the treatment plant city of Portoviejo in the province of Manabí, considering present and importance in the

¹ Ingeniero Geólogo y Geofísico, Master en Ciencias Geológicas y Geofísicas, Master en Ciencias de la Educación Superior, Doctor en Ciencias Pedagógicas. Profesor Titular Principal I, Docente de la carrera de Ingeniería Ambiental. Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Manabí, Ecuador.

² Ingeniero en Medio Ambiente, Master en Gestión Ambiental, Docente Titular Auxiliar, Docente de la carrera de Ingeniería Ambiental. Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Manabí, Ecuador. E-mail: alex.quimis@unesum.edu.ec.

³ Ingeniero en Medio Ambiente, Gestor Ambiental I, Dirección de Gestión Ambiental y Gestión de Riesgos, municipio Portoviejo. Manabí, Ecuador. E-mail: garydanielmolina@gmail.com

⁴ Ingeniero Civil, Master en Construcción de Obras Viales, Docente Titular Auxiliar, Docente de la carrera de Ingeniería Civil. Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Manabí, Ecuador. E-mail: luis.moreno@unesum.edu.ec

world, is given to this activity. Its realization is to identify whether the effluent discharged to the river Portoviejo meets the technical standard of environmental quality, valid for the national territory of the Republic of Ecuador. Indicators of physical, chemical, organic character were considered - biological and microbiological methods and measurement and observation, were applied in correspondence with the research interests. It was found that generally the results of operation of the plant Wastewater Treatment studied conform to the standards set by current legislation, however, it was possible identifier some elements of negative character for the relationship with the environment.

KEYWORDS: monitoring, impact assessment, environment.

INTRODUCCIÓN

Desde finales del pasado siglo el tratamiento de las aguas residuales se ha tornado una preocupación mundial. La humanidad se enfrenta a la creciente contaminación, diseñando mecanismos que mitiguen las contaminaciones causadas, sobre todo en los escenarios urbanos, y propicien un tratamiento de los efluentes que impliquen la eliminación, o disminución en la mayor medida posible, del impacto negativo sobre los cuerpos de agua receptores y el medio ambiente circundante.

El tratamiento de agua, por sí sola, no resuelve el problema. Esto debe asumirse como parte de un sistema integral de carácter sanitario, tal como lo indica Reynolds, K. (2006) e Ingeniería y Servicios Ambientales (ISA), (2016) cuando asegura que:

“De acuerdo al Banco Mundial, más de 300 millones de habitantes de ciudades en Latinoamérica producen 225,000 toneladas de residuos sólidos cada día. Sin embargo, menos del 5% de las aguas de alcantarillado de las ciudades reciben tratamiento. [...]. La meta del tratamiento de aguas residuales nunca ha sido producir un producto estéril, sin especies microbianas, sino reducir el nivel de microorganismos patógenos a niveles más seguros de exposición, donde el agua es comúnmente reciclada para el riego o usos industriales”

En correspondencia con lo señalado, el tratamiento que se aplique a las aguas residuales, genera un grado de impacto ambiental que debe ser tomado en cuenta y justifica la realización de su estudio sistemático.

El estudio del impacto ambiental tiene un carácter técnico, e interdisciplinario, que unido a la evaluación de impacto ambiental tiene, como objetivos, predecir, identificar, calificar, valorar y corregir las consecuencias o efectos ambientales que determinadas acciones o actividades pueden causar sobre la calidad de vida del hombre y su entorno El procedimiento metodológico de la evaluación ambiental, es el que permite identificar y valorar el impacto que una actividad causa sobre el medio (Rodríguez, 2009).

Además Buitrón (2009), indica que los reportes del estado del agua en el Ecuador no son alentadores, por lo que para que este elemento vital se configure en un derecho humano, se debe partir en tomar en cuenta que:

“Existe un grave problema de contaminación y destrucción de fuentes de agua. Según datos oficiales la mayoría de los ríos debajo de los 2 000 m/snm están contaminados, alrededor del 92% de los municipios del país no tienen sistema de

tratamiento de basura y de aguas servidas y éstas van a parar a los ríos” (Buitrón R, 2009).

Sierra Ramírez (2011) define las aguas residuales como aquella que ha sido utilizada en cualquier uso benéfico. (p.51). Los conocimientos sobre calidad del agua han evolucionado a través del tiempo, en la medida en que aumenta su demanda en diferentes usos y se perfeccionan los métodos para analizar e interpretar sus características (p. 47).

Sin embargo Romero Rojas (2013, p.7) identifica las aguas residuales en tres categorías: domésticas, municipales e industriales. Las aguas residuales generadas en el cantón Portoviejo se ubican, de manera fundamental, en la categoría de municipales.

El conocimiento de las características físico-químicas y microbiológicas del agua es de gran importancia para todo profesional en el área de la ingeniería ambiental ya que la sustancia, en su estado natural, siempre está en contacto con factores del planeta que pueden alterar su composición, como asegura Ramírez (2011):

El entendimiento de la naturaleza física, química y biológica del agua es esencial para todo ingeniero ambiental. El agua, considerada como una sustancia químicamente pura, solamente existe en el laboratorio. En la naturaleza el agua entra en contacto con el suelo, la atmósfera y adquiere elementos o sustancias (a través de vertimientos) que alteran su composición original. El agua, cualquiera que sea su estado, está caracterizada por ciertas propiedades que la distinguen de los demás líquidos y su calidad se determina analizando en el laboratorio varios parámetros físicos, químicos y biológicos (Ramírez 2011, p.53).

Las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales son unidades de producción que tienen como objetivo primordial reducir las cargas contaminantes presentes en las aguas residuales generadas en los asentamientos humanos; sin embargo muchas de estas instalaciones dejan a un lado los efectos externos que pueden presentarse en la fase de operación y mantenimiento en cada una de estas unidades de producción.

Por tal razón se declara, como objetivo de la investigación: Identificar si el efluente descargado al cauce del río Portoviejo cumple con la norma técnica de calidad ambiental vigente para el territorio nacional de la República del Ecuador.

DESARROLLO

Materiales y métodos

El escenario seleccionado para la realización del trabajo fue la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del cantón Portoviejo, alimentada por siete estaciones de bombeo, encargada de receptor las aguas residuales que genera la ciudad.

El Sistema Único de Información Ambiental (SUIA) del Ministerio de Medio Ambiente (MAE), señala que toda construcción y operación de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (que incluye sistemas de alcantarillado), responde a un trámite de licencia ambiental que es de obligación para las instalaciones que, en su operación, superen los 5000 m³/ de agua por día. La entidad estudiada, en la actualidad, trabaja con un promedio de 44064 m³/día de captación de agua residual, lo que está por encima de los rangos establecidos.

Tabla 1.- Indicadores físicos, químicos y microbiológicos valorados en la investigación.

		Parámetros
In Situ	Físicos	Caudal (2)
		pH (3)
		Temperatura (2)
		SST (3)
ExSitu Grupo Químico Marcos Laboratorio de Saneamiento PTAR Ambos Laboratorios	Químicos	Grasas y Aceites (1)
		Nitrógeno Amoniacal NH ₃ (3)
		Nitrógeno Orgánico (1)
		SAAM (1)
		Sulfatos (3)
	Orgánicos - Biológicos	DBO ₅ (3)
		DQO (3)
	Microbiológicos	Coliformes Fecales (3)
		Coliformes Totales (1)

Elaborado por: El Autor

Para el desarrollo del trabajo se consideraron los indicadores físicos, químicos, orgánico - biológicos y microbiológicos que se presentan en la tabla 1, considerando que los mismos se encuentran estipulados en la norma técnica ambiental obligatoria de descarga del efluente a un cuerpo receptor de agua dulce, establecidas en el Anexo 1 de Libro VI del TULSMA en la tabla 12 literal O numeral 9000 Disposición de desperdicios y aguas residuales, saneamientos y actividades similares (pág. 73).

En la intención de obtener muestras adecuadas para los fines de la investigación se definieron dos puntos de muestreo, uno para el ingreso de agua cruda afluente, ubicado en el Vertedero y el otro, en la laguna de maduración efluente, en el cajón de descarga.

Tabla 2.- Frecuencia y lugar de análisis de los indicadores evaluados durante la investigación.

Parámetros	Punto de Muestreo		Lugar de Análisis		Frecuencia
Físicos					
Caudal(1)	V		Is		
pH(1)	A	E	Is	Es	H
Temperatura(1)	A	E	Is		H
SST(3)	A	E	Is	Es	H
Químicos					
Grasas y Aceites (2)	A	E	Es		
Nitrógeno Amoniacal NH ₃ (3)	A	E	Is	Es	S
Nitrógeno Orgánico (1)	A	E	Es		

SAAM (2)	A	E	Es		
Sulfatos (3)	A	E	Is	Es	S
Orgánicos - Biológicos					
DBO5 (3)	A	E	Is	Es	S
DQO (3)	A	E	Is	Es	S
Microbiológicos					
Coliformes Fecales (3)	A	E	Is	Es	S
Coliformes Totales (2)	A	E	Es		

Leyenda: **H** = Cada hora **S** = Cada Semana **A** = Afluente **E** = Efluente **Is** = InSitu. **Es** = ExSitu. **V**= Vertedero
 1 Análisis realizados en el Laboratorio de Saneamiento e instalaciones PTAR
 2 Análisis realizados por prestador de servicios externos
 3 Análisis realizados en el laboratorio de saneamiento PTAR y prestador de servicios. *Elaborado por: El Autor*

La frecuencia del muestreo se diseñó en correspondencia con las características de los indicadores, considerando la disponibilidad de equipos y la capacidad de análisis del laboratorio de saneamiento; se extendió durante un período de monitoreo de 8 semanas (2 meses). Su dinámica se presenta en la tabla 2.

Como complemento a las valoraciones relacionadas con el muestreo de las aguas residuales, se desarrolló una observación que incluyó la identificación de los principales aspectos ambientales asociados a las actividades de la planta de tratamiento de aguas residuales, en la intención de identificar su posible afectación.

En la tabla 3 se relacionan los componentes ambientales observados, con una breve descripción de la posible afectación que estos tienen por el proceso de operación de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Tabla 3 Componentes ambientales y posible afectación.

Componente Ambiental	Descripción de su posible afectación
Agua	Contaminación principalmente por no que el efluente este por encima de los límites máximos permisibles LMP.
Aire	Contaminación por emisiones gaseosas debido a la descomposición de la materia orgánica
Suelo	Contaminación por la presencia de desechos sólidos y líquidos, pérdida de la capa fértil del mismo

Fuente: PTAR Portoviejo. Elaborado por: El Autor

Como puede apreciarse el diagnóstico ambiental, constituyó la base para la valoración del impacto que se genera por la operación y mantenimiento de la Planta de tratamiento de aguas residuales. Este procedimiento permitió tomar en cuenta los componentes presentes en el medio físico, el medio biótico y los aspectos socio ambientales.

Resultados y discusión

En el medio físico se abordaron temas tales como: hidrología, climatología, usos de suelos, calidad del agua, aire y paisaje; en este caso los factores físicos del área de estudio se encuentran inmersos al crecimiento urbano.

Con relación al medio biótico se consideraron elementos como la flora y la fauna. No existe un inventario de vegetación primaria en las memorias técnicas de la instalación. Durante el recorrido en el área donde se ubica el sistema de tratamiento de aguas residuales de Portoviejo no se identificaron especies de fauna y flora única, raras o en peligro.

En el medio socio ambiental se tomaron en cuenta la salud y seguridad laboral y la educación ambiental del personal técnico y obrero en el área de estudio.

La influencia ambiental directa corresponde al área de ocupación del espacio donde se cumplen las actividades propias de la instalación, en las que se estén manifestando, o puedan ocurrir, alteraciones de manera directa, relacionadas con las diferentes etapas y procesos que desarrolla la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas.

El área de influencia ambiental indirecta se identifica con el espacio afectado por los procesos biofísicos y antropológicos provenientes del accionar de las actividades de operación de la planta de tratamiento y su interrelación con una zona ampliada donde su dinámica es notoria.

De igual manera se diagnosticó el funcionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales ubicado en la unidad de producción, la que es alimentada por siete estaciones de bombeo de aguas residuales que están ubicada estratégicamente, las cuales se encargan de receptor las aguas residuales del cantón.

En el sistema de lagunaje, el agua residual pasa por un conjunto de 4 lagunas de estabilización dispuestas en series y de profundidad decreciente donde, además, existen condiciones anaerobias y aerobias que tras un tiempo de retención de varios días, descarga el efluente tratado.

En las distintas etapas del tratamiento de las aguas residuales mediante este sistema de lagunas se pueden distinguir claramente tres zonas diferenciadas.

Tabla 4.- Resultados de los análisis de los parámetros monitoreados en el afluente PTAR.

Parámetros	Unidades	Resultados	Composición Típica del Agua Residual Urbana		
			Fuerte	Media	Débil
pH		7,92	6,5 – 8		
Sólidos Totales Suspendidos	(mg/L)	248,27	350	220	110
Temperatura	(°C)	26,77	No Fija Límites		
Amoniaco	(mg/L)	19,64	50	25	12
Sulfato	(mg/L)	32,58	50	30	20
Demanda Bioquímica de Oxígeno	(mg/L)	150,06	300	200	100
Demanda Química	(mg/L)	316,21	1000	500	250

de Oxígeno					
Coliformes Fecales	(NMP/100 ml)	1600000			

Fuente: Laboratorio de Saneamiento PTAR Portoviejo

Elaborado por: El Autor

En la zona de degradación próxima al vertido desaparecen varias formas de vidas más delicadas al decaer rápidamente el contenido del oxígeno disuelto presente en estas aguas.

En la zona de descomposición activa se inician las reacciones de descomposición anaerobia de la materia orgánica presente en el vertido, lo que origina el desprendimiento de gases de olores ofensivos; en esta área el agua presenta una coloración negruzca.

En la zona de recuperación se inicia la degradación de los contaminantes vertidos vía aerobia; comienza a decrecer la emisión de los olores ofensivos y el agua se clarifica de manera progresiva; la actividad fotosintética de las microalgas se incrementa de manera notable.

Tabla 5.- Resultados de los análisis de los parámetros monitoreados en el efluente PTAR.

Parámetros	Unidades	Resultados		Norma técnica ambiental obligatoria de descarga de un efluente a un cuerpo receptor de agua dulce.	
		Laboratorio Saneamiento PTAR	Grupo Químico Marcos		
pH		7,56	7,99	6-9	Cumple
Sólidos Totales Suspendidos	(mg/L)	52,66	53	< 130	Cumple
Temperatura	(°C)	26,81		< 35	Cumple
Nitrógeno Amoniacal	(mg/L)	17,42	5,600	30	Cumple
Sulfato	(mg/L)	125,59	160,0	< 1000	Cumple
Demanda Bioquímica de Oxígeno	(mg/L)	92,35	70	< 100	Cumple
Demanda Química de Oxígeno	(mg/L)	185,60	144	< 200	Cumple
Coliformes Fecales	(NMP/100ml)	1100	75,0	< 2000	Cumple
Coliformes Totales	(NMP/100ml)	-----	7500	-----	Cumple
Grasas y Aceites	(mg/L)	-----	4,20	< 30	Cumple
Tensoactivos-Detergentes	(mg/L)	-----	0,221	< 0.500	Cumple

Fuentes: Laboratorio de Saneamiento PTAR Portoviejo. Grupo Químico Marcos

Elaborado por: El Autor

La valoración de las muestras indican que todos los parámetros monitoreados cumplen con la norma vigente; cabe recalcar, que en el caso de la valoración de los indicadores relacionados con los coliformes totales, tensoactivos-detergentes y grasas y aceites no se realizaron en los laboratorios de la PTAR por falta de reactivos, por lo que fue necesario contratar los servicios del Laboratorio de Ensayos Grupo Químico, Marcos laboratorio acreditado por el SAE, el análisis realizado por esta institución, además de certificar que las cargas contaminantes presentes en el efluente están dentro de los límites máximos permisible (LMP), validan los resultados obtenidos en los análisis del laboratorio de saneamiento de la PTAR.

Los resultados obtenidos de las muestras tomadas en el efluente indican que no existen niveles por encima de los límites máximos permisibles establecidos, indicando que la descarga que realizada por la PTAR del agua residual previamente tratada al río Portoviejo cumple, en todos sus parámetros, con la norma establecida por la autoridad del ramo, por lo tanto, no existe ninguna afectación ni alteración a este cuerpo de agua dulce.

Con los datos obtenidos en los análisis de los parámetros monitoreados se procede a realizar el cálculo de Grado de Eficiencia en la depuración de la carga contaminante del agua tratada. El grado de Eficiencia de Depuración se determina de acuerdo al procedimiento recomendado por la Asociación Alemana de Saneamiento (1988).

El grado de eficiencia del sistema de tratamiento de la planta de tratamiento de las aguas residuales que se tratan en esta unidad de producción PTAR en el cantón Portoviejo, muestra los siguientes valores:

- Un alto grado de eficiencia en la remoción de sulfatos (SO₄) en un -285 %
- Los coliformes fecales (CF) con 99.93%,
- Sólidos totales suspendidos (STS) 78.78%,
- Demanda química de oxígeno (DQO) 41.30%,
- Demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días DBO₅) 38.45%,
- Nitrógeno amoniacal (NH₃) 11.30%,
- Potencial de hidrógeno (pH) 4.50%,
- Temperatura (T) -0.14%, de disminución

Con la aplicación del diagnóstico ambiental a la PTAR fue posible evaluar los principales impactos ambientales que pueden ser generados por esta unidad de producción en la etapa de operación y mantenimiento. Para la identificación de dichos impactos se aplicó una matriz de causa-efecto basada en Leopold (1971).

Tabla 6.- Identificación de Impactos Ambientales.

Matriz de Identificación de Impactos				Impacto Negativo (-)	Impacto Positivo (+)		
Componente	Subcomponente	Factor Ambiental	Operación y Mantenimiento				
			Cámara de Desbaste	Oxigenación del Agua Cruda	Generación de desechos sólidos y formación de cianobacterias	Descarga del Agua a un cuerpo de agua dulce	Cierre y Abandono
Abiótico	Físico	Calidad del Suelo					
		Calidad del Aire					
		Calidad del Agua					
Biótico	Flora	Cobertura Vegetal					
		Especies Protegidas					
	Fauna	Especies Protegidas					
Socio-Ambiental	Socio-Económico	Calidad de Vida y Bienestar					
		Empleo					

Fuente: Área de Estudio. Elaborado por: el Autor

CONCLUSIONES

La aplicación de la matriz de Leopold permitió constatar que, en el caso de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales objeto de estudio, se identificaron doce impactos de carácter positivo, señalados en color amarillo, mientras que se calificaron como negativos un total de seis impactos, representados en color rojo.

La calidad de suelo se ve afectada por la falta de mantenimiento en las uniones del hierro dúctil que conducen el agua residual a la cámara de desbaste, donde se registra constante goteo que provoca infiltración al suelo de agua sin tratamiento; además, la mala disposición de desechos sólidos y repoblación de cianobacterias muertas ocasionan contaminación en el mismo.

La calidad del aire se ve afectada por la producción de olores ofensivos en las etapas de operación y mantenimiento, ya que existe descomposición de materia orgánica, lo que significa un impacto de gran consideración por la ubicación de la Planta de Tratamiento de Aguas

residuales en un sector de alta concentración de población. Esto no ocurre en la etapa final, que corresponde a la descarga del agua previamente tratada.

La calidad de agua se ve afectada por la mala disposición de la limpieza de las lagunas en cuanto los sólidos suspendidos y la repoblación de cianobacterias muertas por condiciones climáticas poco favorables en determinados días.

Los impactos positivos generados se orientan, fundamentalmente, al componente socioambiental por la generación de empleos. También debe considerarse que la descarga del agua residual es rica en macro y micronutrientes que favorecen a los cultivos que se encuentran cerca al punto de descarga al río Portoviejo y a la cobertura vegetal en el mismo sector

REFERENCIAS

- Aguirre, A., & Aguirre, N. (1999). Guía práctica para realizar estudios de comunidades vegetales. Loja.
- Aroch Calderón, A. (2010). Introducción al Método Estadístico. Obtenido de <http://www.facmed.unam.mx/emc/computo/infomedic/presentac/modulos/modulo3/estadistica/clase/>
- Buitrón R. (2009). Derecho Humano al Agua en el Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/938/1/DDHH-Inf-7 Buitrón Derecho % 20humano % 20agua.pdf>
- Cabrera, H., Garcés, M., & Paredes, P. (S,f). Proyecto de Desarrollo de Capacidades para el Uso Seguro de Aguas Servidas en Agricultura. En Producción de Aguas Servidas, Tratamiento y Uso en el Ecuador (págs. 45-49).
- Castro Merizalde, B. (2002). Sistemas Integrados de Tratamiento y uso de Aguas Residuales en América Latina: Realidad y Potencial. En Estudio General del caso Portoviejo Ecuador (págs. 20-25). Portoviejo, Manabí, Ecuador.
- Corte Constitucional de la República del Ecuador. (2015). Registro Oficial 387. Quito: Ministerio del Ambiente del Ecuador.
- Corte Constitucional de la República del Ecuador. (2015). Registro Oficial N° 316. En Acuerdo Ministerial No. 061 Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria (págs. 7-48). Quito: Ministerio del Medio Ambiente de Ecuador.
- Corte Constitucional de la República del Ecuador. (2015). Registro oficial No. 387. Quito: Ministerio del Ambiente.
- EGIPA. (2009). Dirección de Estadísticas Ambientales.
- Environmental Protection Agency (EPA). (S,f). Ley de Aguas Limpias. Obtenido de <https://cfpub.epa.gov/watertrain/pdf/modules/Introduccion a la Ley de Aqua Limpia.pdf>
- Fernández, N., & Buitrón, R. (S,f.). Derecho al Agua y Saneamiento: avances, límites y retos. Obtenido de http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:R0JzxGyYOEQJ:observatorio.cdes.org.ec/documentos/doc_download/981-informe-derecho-humano-al-agua+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ec
- Gil Rodríguez, M. (2013). En Depuración de aguas residuales Modelización de procesos de lodos activos 2° edición ampliada. Madrid: Ibergarceta Publicaciones, SL.
- Herrera, R. J., & Bonilla Madriñán, M. (2009). Guía de evaluación ambiental estratégica. Santiago de Chile: Naciones Unidas, Santiago de Chile. Obtenido de http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3734/S2009742_es.pdf;jsessionid=9642DF9C98F696AF4B5B17FE95D915A5?sequence=1

- Hill, M. (2005). Metodología para la Evaluación de Impactos Ambientales (1 ed ed.). Madrid España. Recuperado el 2016, de [https://books.google.com.ec/books?id=C-KYBAAAQBAJ&pg=PT79&dq=Metodologia+para+la+evaluaci%C3%B3n+de+impactos+ambientales+\(1+ed.\).+Madrid,+Espa%C3%B1a:+MCGRAW-HILL.&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Metodologia%20para%20la%20evaluaci%C3%B3n%20de%20imp](https://books.google.com.ec/books?id=C-KYBAAAQBAJ&pg=PT79&dq=Metodologia+para+la+evaluaci%C3%B3n+de+impactos+ambientales+(1+ed.).+Madrid,+Espa%C3%B1a:+MCGRAW-HILL.&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Metodologia%20para%20la%20evaluaci%C3%B3n%20de%20imp)
- INAHMI. (2016). Análisis Climatológico.
- Kelly Reynolds MSPH PhD. (3 de Julio de 2006). Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica. Obtenido de <http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/DeLaLaveSepOct02.pdf>
- León Suematsu, G. (S.f.). Parámetros de Calidad para el Uso de Aguas Residuales. Guía de calidad de efluentes para la protección de la salud. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsair/e/repindex/rep84/vleh/fulltext/acrobat/leon2.pdf>
- Madrid, V. A. (2012). Manual del Agua Ciencia Tecnología y Legislación. Service Point.
- OMS. (S.f.). Análisis de las aguas residuales para su uso en la agricultura. Obtenido de http://www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/labmanual/es/
- Rodriguez, A. (2009). Estudios de Impacto Ambiental Guía Metodológica (Segunda ed.). Colombia.
- Romero Rojas, J. A. (2013). Tratamiento de aguas residuales. En Teoría y principio de diseño. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Sandoval, A. M., & Carlos, G. (1991). Coliformes. En Determinación de Coliformes Fecales (pág. 7). Mexico.
- Sierra Ramírez, C. A. (2011). En Calidad del Agua Evaluación y Diagnostico. Medellín: Diginprint Editores.
- Texto de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente. (2003). Libro VI. Ecuador.
- Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Medio Ambiente. (2012). Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua. En Anexo VI (pág. 2).
- Tribunal Constitucional de la República del Ecuador. (2014). Registro Oficial N° 305. En Segundo Suplemento Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (págs. 12-28). Quito.
- Vereinigug, A. (1988). Determinación del Grado de Eficiencia de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Hoja Técnica M755-. Alemania.

