



Red de Investigación Estudiantil de la Universidad del Zulia
Revista Venezolana de Investigación Estudiantil

REDIELUZ

Sembrando la investigación estudiantil

Vol. 11 N° 1

Enero - Julio 2021



ISSN: 2244-7334
Depósito Legal: pp201102ZU3769



VAC

Universidad del Zulia
Vicerrectorado Académico

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN BOLIVIA

Wastewater treatment in Bolivia

María Eugenia Rollano Quintana

Universidad Privada Domingo Savio, Potosí, Bolivia.

<https://orcid.org/0000-0002-9940-9345>

Dirección de correspondencia:maugerollanoquintana@gmail.com

RESUMEN

El tratamiento de aguas residuales comprende los procedimientos destinados a mejorar la calidad del agua para que produzcan efectos compatibles con las exigencias de leyes internacionales tal y como lo reporta la Organización de Naciones Unidas en sus objetivos del desarrollo sostenible. En esta investigación se planteó un diagnóstico sobre la situación actual del tratamiento de aguas residuales en Bolivia. Desde la óptica teórica la investigación se soporta de reportes oficiales de las Autoridad de Fiscalización de Agua Potable y Saneamiento Básico (AAPS, 2021), informes de los Ministerios de Medio Ambiente y Agua (2013), además de opiniones y posturas de autores como Wagner (2010) Arteaga, Taquichiri, y Durán (2019) que sugieren políticas de educación social para reducir el rechazo de las comunidades a las implementaciones de plantas de tratamiento. La metodología empleada, fue de corte descriptivo – documental, con diseño no Experimental. Se consideró un censo población de 10 instancias regionales en Bolivia, donde se da el aprovechamiento de aguas residuales en beneficios a las sociedades. Los resultados obtenidos son la identificación de las lagunas de estabilización como el tratamiento más difundido en Bolivia; plantas de tratamiento de aguas residuales con deficiencias de dimensionamiento y/o diseño, sobrecargas y/o mal funcionamiento, de 219 plantas (mayores y menores) el 78% no presenta buen funcionamiento: 90 se encuentran abandonadas, 23 en mal estado, 58 en estado regular; sólo 48 plantas presentan un estado adecuado de operación y funcionamiento. Conclusiones se planteó la planificación y ejecución de nuevas plantas de tratamiento acordes a los caudales y situaciones particulares de cada región (clima, presencia de industrias, personal capacitado en mantenimiento

entre otros), pues el análisis realizado muestra que en su mayoría las plantas han sido sobrecargadas (caudales superiores a los de diseño).

Palabras clave: Agua, Bolivia, Tratamiento, Residuales.

ABSTRACT

Wastewater treatment comprises the procedures aimed at improving water quality so that they produce effects that are compatible with the requirements of international laws, as supported by the United Nations in its sustainable development objectives. In this research, a diagnosis was made on the current situation of wastewater treatment in Bolivia. From the theoretical point of view, the investigation is supported by official reports from the Drinking Water and Basic Sanitation Supervision Authority (AAPS, 2021), reports from the Ministries of the Environment and Water (2013), as well as opinions and positions of authors such as Wagner (2010) Arteaga, Taquichiri, and Durán (2019) who suggest social education policies to reduce the rejection of communities to the implementation of treatment plants. Regarding the methodology used, it was descriptive - documents with a non-Experimental design. A population census of 10 regional bodies in Bolivia was considered where the use of wastewater is used for benefits to societies. The results obtained are the identification of stabilization ponds as the most widespread treatment in Bolivia; wastewater treatment plants with sizing and / or design deficiencies, overloads and / or malfunctions, of 219 plants (major and minor) 78% do not present good operation: 90 are abandoned, 23 in poor condition, 58 in regular status; only 48 plants present an adequate state of operation and functioning. As conclusions, the planning and execution of new treatment plants according to the flows and particular situations of

each region (climate, presence of industries, personnel trained in maintenance, among others) was raised as a vital aspect, since the analysis carried out shows that most of them plants have been overloaded (flow rates higher than design).

Keywords: Water, Bolivia, treatment, waste

Recibido: 30-11-2020 Aceptado: 10-01-2021

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, existe déficit de tratamiento de aguas residuales, García (2018) sostiene que alrededor del 42% de la población mundial no tienen este servicio básico, esta situación se agrava en los países en desarrollo, pues más del 80% de las aguas residuales se descargan sin tratamiento a cuerpos de aguas superficiales.

La gestión inadecuada de aguas residuales, constituye uno de los problemas ambientales más preocupantes en Latinoamérica, pues las deficiencias en el tratamiento de aguas residuales derivan en la contaminación de ríos y otros cuerpos de agua, con impactos en la salud pública y en el medio ambiente. En Bolivia la situación no es diferente; estudios realizados por los Ministerios de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), muestran panoramas poco alentadores pues de 219 plantas de tratamiento de aguas residuales inventariadas se sostiene que 171 no presenta buen funcionamiento o tienen inadecuada operación (Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2019)

En países en desarrollo como Bolivia, las localidades rurales y sus servicios en general se inician con un precario abastecimiento de agua potable y van satisfaciendo sus necesidades en base a obras consecutivas. El hecho de implementar un sistema de agua potable, implica la generación de las aguas residuales, por lo que se requiere la construcción de un sistema de alcantarillado sanitario para eliminarlas, consecuentemente se genera el problema de la disposición final del efluente del alcantarillado. En Bolivia, uno de los problemas ambientales más críticos es la descarga de líquidos residuales sin la aplicación de tratamientos adecuados, en ríos, lagos y otros cursos de agua, que gradualmente van deteriorando su calidad. Es por esto, que se requieren sistemas de tratamiento de aguas residuales que sean simples, accesibles, compactos y sobre todo eficientes.

La Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia, en su artículo 342, 345 y 347, establece como responsabilidad compartida entre el Estado y la sociedad, la de proteger y aprovechar de manera sustentable los recursos naturales y de mantener el equilibrio del medio ambiente, estableciendo políticas de control y evaluación de toda actividad que use y transforme los recursos naturales, además de promover la mitigación de sus efectos nocivos al medio ambiente.

Esto implica la preservación de los recursos hídricos, entre ellos cuerpos de agua que se ven afectados por la creciente producción de aguas residuales, así como también por el deficiente o ningún tratamiento que se les aplica antes de su descarga. Ante esta realidad, el tratamiento de aguas residuales comprende los procedimientos destinados a mejorar la calidad del agua para que produzcan efectos compatibles con las exigencias de leyes nacionales e internacionales tal y como lo soporta, la Organización de Naciones Unidas en sus objetivos del desarrollo sostenible. En esta investigación se planteó un diagnóstico sobre la situación actual del tratamiento de aguas residuales en Bolivia.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Las aguas residuales constituyen una combinación compleja de líquidos o aguas portadoras de residuos, contaminantes orgánicos e inorgánicos; disueltos y en suspensión generadas por la actividad humana; procedentes de residencias, instituciones públicas, así como de centros comerciales e industriales, a las que eventualmente, pueden agregarse aguas subterráneas, superficiales y pluviales. (Metcalf et al... 1985). La Norma NB 688-01 (2001) concibe las aguas residuales como un desecho líquido constituido por aguas domésticas e industriales, aguas de infiltración y de contribución pluvial por malas conexiones. De acuerdo a su origen se pueden distinguir dos tipos principales de aguas residuales: domésticas e industriales

El agua residual doméstica, son vertidos generados en núcleos de población como consecuencia de las actividades propias de la población. En cuanto a su composición y carga contaminante presentan cierta homogeneidad con márgenes amplios, debido a que los aportes son por lo general los mismos; dependiendo del núcleo de población en el que se genere, número de habitantes, existencia y características dentro de núcleo, etc. (Fernández, 2010)

Las aguas residuales industriales son todas aquellas que se descargan de las instalaciones de plantas manufactureras, después del proceso de producción, transformación o manipulación en que se utilice agua, su caudal y composición son variables, dependiendo del tipo de industria, tipo de producción y proceso industrial. (Fernández, 2010)

Operaciones y procesos unitarios

Se conocen como operaciones unitarias a los métodos de tratamiento en los que predominan los fenómenos físicos, y como procesos unitarios a los métodos en que la eliminación de contaminantes se realiza en base a procesos químicos y biológicos. (Metcalf et al... 1996)

En una P.T.A.R., suceden numerosas, continuas y simultáneas operaciones físicas, procesos químicos y biológicos; estos procesos son los mismos que se realizan en la naturaleza, con la diferencia de que se producen en situaciones monitoreadas dentro de tanques o reactores y a velocidades controladas.

Tratamiento de aguas residuales y P.T.A.R.

Las operaciones y procesos unitarios se agrupan entre sí para constituir los sistemas de tratamiento de aguas residuales que se pueden clasificar en cuatro niveles, de acuerdo a los procesos y operaciones unitarias que se llevan a cabo.

Una P.T.A.R. (planta de tratamiento de aguas residuales), es la unidad o conjunto de unidades destinadas a mejorar la calidad del agua de forma que produzcan efectos compatibles con las exigencias de ley o con la reutilización de aguas. (Dirección General de Saneamiento Básico DIGESBA, 2001)

Tratamiento preliminar o pretratamiento

Proceso de eliminación de los constituyentes de las aguas residuales cuya presencia puede causar problemas de mantenimiento y/o funcionamiento de los diferentes procesos, operaciones y/o sistemas auxiliares. Tiene como operaciones unitarias las físicas o mecánicas.

El objetivo principal de esta etapa es acondicionar el agua residual para ser tratada en las siguientes etapas del tratamiento, Remover y reducir la acumulación de materiales que puedan interferir con los equipos y procesos de transferencia aguas abajo. Las unidades que corresponden a esta etapa son: desbaste, desaceleración, rejillas, desmenu-

zadores tamices, desarenador, tanques de homogenización, trampas de grasa, aireación preliminar, medidor de caudal.

Tratamiento primario

Remueve una fracción de sólidos en suspensión, sedimentables y de materia orgánica. Tiene fundamento en operaciones físicas. Su objetivo principal es disminuir la carga orgánica del agua a través de procesos físicos acondicionándola para el tratamiento secundario. Algunas unidades que pueden aplicarse en esta etapa son: cámaras de sedimentación, precipitación química y sedimentación, unidades de inyección de aire, tanque o cámaras sépticas, tanque Imhoff.

Tratamiento secundario o biológico

Remueve materia orgánica biodegradable disuelta o suspendida a través de la acción de bacterias, las que se alimentan de materia orgánica. Esta etapa de tratamiento se fundamenta en procesos biológicos y químicos con la finalidad de reducir el contenido orgánico del agua. Los lodos activados, biodiscos, filtros percoladores, humedales, lagunas de estabilización, reactores anaeróbicos (R.A.F.A., R.A.L.F.), filtros anaerobios constituyen las unidades más representativas.

Tratamiento terciario

Remueve sólidos suspendidos a través de micro filtración, además en este nivel se remueven los nutrientes (nitrógeno, fósforo, etc.), se emplea combinaciones de los procesos y operaciones unitarias con el propósito de remover los nutrientes del agua y producir agua de alta calidad. Entre los procesos de tratamiento terciario se menciona microfiltración, coagulación y precipitación, adsorción por carbón activado, cloración, ozonización, intercambio iónico, electrodiálisis.

Las plantas de tratamiento se clasifican en base al criterio de población de diseño. Siendo PTAR tipo A (población de diseño mayor a 500.000 hab.), PTAR tipo b (población de diseño entre 50.000 y 500.000 hab.) PTAR tipo C (población de diseño entre 10.000 y 50.000 hab.) y PTAR tipo C (población de diseño entre 2.000 y 10.000 hab.).

METODOLÓGIA

De acuerdo con Sabino (2006: 106-113) las investigaciones aplicadas son aquellas que dan respuesta efectiva y fundamentada a un problema detectado, descrito analizado y analizado descrito en las posibilidades fácticas de llevar a la práctica las teorías generales, y destina sus esfuerzos, a resolver problemas y necesidades que se plantean los hombres en la sociedad en un corto, mediano o largo plazo. Es decir, se interesa fundamentalmente por la propuesta de solución en un contexto físico-social específico.

En base a lo anterior se puede decir que la investigación busca una solución puntual al describir la situación actual del tratamiento de aguas en Bolivia, partiendo del hecho que existen métodos aplicados, al tratamiento y que son de carácter evaluativos conocerlos. Asimismo, es descriptiva e indaga como es y se comporta un fenómeno o situación, dirigida a recolectar información relacio-

nada con los síntomas reales. Es decir, se caracteriza el funcionamiento de un destilador solar con la finalidad de poder establecer buenas prácticas en el diseño del mismo logrando así desalinizar el recurso hídrico en lugares donde el agua potable se ve inaccesible. También este estudio pretende el análisis descriptivo sobre las alternativas de diseño de destiladores que se adapten a las necesidades de personas con recursos limitados.

Del mismo modo, Bavaresco (2006) define la unidad de análisis en función de la población de estudio como la identificación de los criterios de inclusión y exclusión de la población para precisar el tamaño de la muestra que será objeto a estudio. Esta etapa finaliza cuando se sabe a cuánto asciende el tamaño de la población de estudio para saber qué criterios que deben emplearse para delimitarla. En tal sentido se emplea el censo poblacional considerando 10 ciudades en estudio cada una con un gerente de planta de agua de tratamiento, considerándose un total de 70 informantes.

Tabla 1. Población.

Departamento	EPSA por departamento
La Paz	4
Santa Cruz	37
Cochabamba	7
Chuquisaca	3
Tarija	4
Potosí	5
Oruro	4
Beni	5
Pando	1
Total	70

Fuente: Rollano (2021)

Este estudio utilizará la técnica de observación directa y revisión documental, así como también el registro de datos mediante una hoja de datos (Formatos). Por su parte Chávez (2002), relata que la observación directa es la técnica que se utiliza tomando datos directamente en el área operativa sin uso de herramientas específicas como vía de captación, por medio de los sentidos de los hechos y realidades tal como se dan en la realidad, esta técnica es utilizada en forma sistemática donde se

participará con una previa delimitación de los aspectos más relevantes.

En consonancia con la aplicación del instrumento, Hernández et al... (2018) refieren que es un recurso que utiliza el investigador para registrar información o datos sobre las variables que tiene en mente. De igual forma se utilizarán como instrumentos de recolección de datos: la hoja de análisis la cual se vaciarán resultados de experimentos y análisis de las aguas tratadas.

RESULTADOS

En base a la revisión documental actualizada de (10) diez regiones de Bolivia, donde existen plantas de tratamiento de aguas residuales mayores y menores desarrollada por la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico como parte del seguimiento regula-

torio.(AAPS, 2021) Se evidencio que actualmente se regulan un total de 70 entidades prestadoras de servicios de agua potable y alcantarillado sanitario, de las cuales sólo 39 reportan datos o información de tratamiento de aguas residuales, las 39 EPSA tienen bajo su administración un total de 59 plantas de tratamiento de aguas residuales, el detalle se presenta en la tabla siguiente:

Tabla 2. EPSA reguladas con PTAR que reportan información a la AAPS (2019)

Departamento	EPSA por departamento	EPSA que reportan datos de aguas residuales	PTAR por departamento
La Paz	4	3	5
Santa Cruz	37	18	29
Cochabamba	7	7	9
Chuquisaca	3	11	2
Tarija	4	4	6
Potosí	5	2	4
Oruro	4	2	2
Beni	5	2	2
Pando	1	0	0
Total	70	39	59

Fuente: Reporte de indicadores de la Plataforma virtual de plantas de tratamiento de aguas residuales PTAR -2019 (Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2019)

EPSA: Entidad Prestadora de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario

PTAR: Planta de Tratamiento de Agua Residuales

De las 59 plantas de tratamiento reportadas y de acuerdo a la categorización definida por la AAPS, se muestran en la Figura 2 aquellas con categoría de plantas mayores (situadas en ciudades capitales), asimismo en la Tabla 2 se sistematiza la

información, indicando el tipo de sistema, la población de diseño y la población conectada, el año de puesta en marcha y en algunos casos el estado de funcionamiento, además de la descripción de unidades componentes.



Figura 1. Plantas de tratamiento de aguas residuales mayores en Bolivia

Fuente: Recomendaciones para la elección de plantas de tratamiento de agua residual para Bolivia (Wagner, 2010), Escala 1: 950.000

Tabla 3. Diagnóstico situacional de P.T.A.R. mayores en Bolivia actualizados al 2013

Centro urbano	Nombre Planta	Sistema	Hab. Diseño	Hab. Conect.	Año de la puesta en marcha	Estado	Descripción
El Alto	Puchukollo	Lagunas de estabilización	600.00	571.00	1998	Sobrecargado	Consiste en 6 lagunas de estabilización y 3 filtros percoladores que en la actualidad no están funcionando. La planta se encuentra en fase de ampliación. El agua tratada descarga a Río Seco cuyo receptor es el Río Catari que desemboca al Lago menor del Lago Titicaca.
Oruro	Oruro	Lagunas de estabilización	275.000	150.000	2004	-	Actualmente la planta no está en funcionamiento y las aguas residuales son desviadas al lago Uru Uru sin previo tratamiento, deteriorando la calidad del agua habiéndose reportado metales pesados (arsénico, cadmio, plomo, zinc) en cantidades que sobrepasan los límites permisibles establecidos en la norma boliviana
Sucre	Sucre	Tanque Imhoff Filtros percoladores	160.000	160.000	2003	-	<p>El sistema consta de las siguientes estructuras hidráulicas y sanitarias fundamentalmente: Pre Tratamiento: rejas y dos desarenadores para retención de sólidos de gran tamaño. Tratamiento Primario: tanques imhoff, tanques de regulación y cámaras de derivación de caudales, para sedimentación y estabilización de lodos residuales.</p> <p>Tratamiento Secundario: lechos percoladores, lagunas de sedimentación secundaria y lagunas de maduración para el tratamiento biológico y remoción de compuestos biodegradables.</p> <p>Tratamiento de Lodos: para el tratamiento de lodos la planta cuenta con aéreas de secado de lodos</p>

Centro urbano	Nombre Planta	Sistema	Hab. Diseño	Hab. Conect.	Año de la puesta en marcha	Estado	Descripción
Santa Cruz	Planta Norte	Lagunas de estabilización	100.000	100.000	1973	-	El sistema está conformado por un repartidor de caudal y cinco lagunas operadas en serie, dos anaeróbicas, una facultativa y dos de maduración
Santa Cruz	Planta Este	Lagunas de estabilización	240.000	200.000	2001	-	Está conformado por un cajón de ingreso, sus respectivos aforadores tipo Parshall de entrada y salida, doce lagunas divididas en tres módulos idénticos en paralelo de cuatro lagunas en serie: una anaeróbica, una facultativa y dos de maduración. El lujo se divide igualmente entre los módulos; es decir cada uno recibe 33,3 % de flujo crudo de las aguas residuales.
Santa Cruz	Planta Sur	Lagunas de estabilización	180.000	180.000	1989	-	El sistema consiste en dos módulos no idénticos en paralelo. Cada módulo consiste en una laguna anaerobia, dos lagunas facultativas y una de maduración; sin embargo, el flujo no se divide igualmente entre los módulos, de modo que un módulo recibe 66,6 % del flujo y el otro recibe el 33% restante.
Santa Cruz	Planta Parque Industrial	Lagunas de estabilización	63.500	185.000	1985	Sobrecargado	El sistema comprende 6 lagunas. La laguna 1 no forma parte del flujo de tratamiento de aguas residuales, pero está reservada para residuos industriales particularmente tóxicos. Las lagunas 2 y 3 operan como lagunas anaeróbicas en serie. La laguna 4 opera como facultativa y las lagunas 5 y 6 son facultativas secundarias.
Montero	Montero	Lagunas de estabilización	33.000	30.000 (*)	1995 (*)	-	

Centro urbano	Nombre Planta	Sistema	Hab. Diseño	Hab. Conect.	Año de la puesta en marcha	Estado	Descripción
Cochabamba	Alba Rancho	Lagunas de estabilización	150.000 (*)	320.000(*)	1990(*)	Sobrecargado	Situado al suroeste de la ciudad, recibe el agua de la red de alcantarillado mediante dos emisarios que provienen del norte y sur de la ciudad, aproximadamente 40% de la población está conectado a la red
Tarija	Tarija	Lagunas de estabilización	150.000(*)	300.000(*)	1990(*)	Sobrecargado	Realiza un tratamiento mediante lagunas en tres etapas: dos lagunas anaeróbicas, una facultativa y una de maduración. Actualmente, sólo una de las lagunas anaeróbicas está siendo utilizada, la segunda necesita un dragado y limpieza debido a que se encuentra colmatada.
Trinidad	Trinidad	Lagunas de estabilización	100.000(*)	136.000(*)	1990(*)	Sobrecargado	-
Camiri	Hebron	RALF, Lagunas	19.000	15.000	2009	-	-
Villamontes	Villamontes	RALF, Lagunas	35.000	15.000	2009	-	-
Monteagudo	Monteagudo	RALF, Lagunas	16.000	6.000	2009	-	-

(*) Los valores son estimados; los valores exactos no están disponibles

Fuente: Elaboración propia adaptado de Recomendaciones para la elección de plantas de tratamiento de agua residual para Bolivia (Wagner, 2010) y Sistematización sobre tratamiento y reúso de aguas residuales (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2013)

CONCLUSIONES

En cuanto a las plantas de tratamiento de aguas residuales mayores de Bolivia se concluye:

El sistema más empleado en el tratamiento de aguas residuales en Bolivia es el de lagunas de estabilización.

Plantas con deficiencias de dimensionamiento y/o diseño, sobrecargas y/o mal funcionamiento.

Deficiente operación y mantenimiento, insuficiente capacitación del personal, y degradación progresiva de las plantas.

Entre las consecuencias del deficiente funciona-

miento que tienen las plantas se encuentran:

Incumplimiento generalizado de los parámetros de vertido: contaminación de cuerpos receptores de suelo y agua.

Riesgos de contaminación microbiológica, problemas de salud pública; generados por el re uso de aguas residuales para riego agrícola.

Rechazo social y problemas para la ubicación de nuevas plantas, dificultades para lograr las conexiones de diseño de las P.T.A.R.

El tratamiento de aguas residuales domésticas requiere de soluciones eficientes y económicas, que respondan a las necesidades de saneamiento

específicas de Bolivia, de acuerdo a la disponibilidad de recursos del país. (Gandarillaset al... 2017)

El diagnóstico en Bolivia en relación al tratamiento de aguas residuales y el reúso en actividades agrícolas es escasa y realmente necesaria para enfrentar las problemáticas de selección y funcionamiento de las plantas de tratamiento. El análisis de infraestructura de P.T.A.R. realizada muestra que en su mayoría las plantas han sido sobrecargadas (caudales superiores a los de diseño) producto del crecimiento poblacional que incrementó en cantidad los sistemas de alcantarillado y no así las plantas de tratamiento.

RECOMENDACIÓN

La construcción de nuevas plantas de tratamiento acordes a los caudales y situaciones particulares de cada región (clima, presencia de industrias, personal capacitado en mantenimiento entre otros) es vital.

Las prácticas de reúso de aguas residuales tratadas y no tratadas en agricultura deben ser atendidas por atentar contra la salud, al consumir productos regados con aguas no tratadas o que no cumplen con los niveles de remoción esperados, generándose un problema de salud colectiva que se debe prevenir.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AAPS. (2021). Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico. Obtenido de Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico: http://www.aaps.gob.bo/index.php?option=com_content&view=article&id=130&Itemid=314
- Arteaga , M., Taquichiri , M., & Durán , J. (2019). Análisis del reuso de aguas residuales en Bolivia. Tarija, Bolivia.
- Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico. (2018). Guía para aplicación de herramientas e instrumentos de seguimiento, monitoreo y control de la operación y mantenimiento de las PTAR en Bolivia. La Paz, Bolivia.
- Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico. (2019). Reporte de Indicadores de la Plataforma Virtual de Plantas de Tratamiento de aguas residuales (PTAR). La Paz, Bolivia: GIZ/PERIAGUA.

- Babaresco (2006). Introducción a la metodología de la investigación y método científico. Segunda Edición, Editorial Limusa, Impreso en México, DF.
- Chavez, N (2002) Metodología de la Investigación, tercera edición en español. Editorial Sygal, Caracas, Venezuela.
- Dirección General de Saneamiento Básico DIGESBA. (2001). NB 688-01, Instalaciones Sanitarias - Alcantarillado pluvial, sanitario y tratamiento de aguas residuales. La Paz, Bolivia.
- Fernández, E. (2010). Proyecto ejecutivo de planta de tratamiento de aguas residuales para la localidad de Xochiapa. Veracruz, México.
- Gandarillas, V., Saavedra, O., Escalera, R., & Montoya, R. (2017). Revisión de las experiencias en el tratamiento de aguas residuales domésticas mediante reactores UASB en Cochabamba-Bolivia comparadas con las de Latinoamérica, India y Europa. Investigación & Desarrollo, 83-98.
- García, J. (2018). Propuesta metodológica de indicadores de evaluación de sustentabilidad de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas orientados al sector rural. Quito, Colombia.
- Hernandez, Fernandez y baptista (2018) Metodología de la Investigación. 8va Edición, Editorial McGraw Hill, Mexico DF.
- Metcalf & Eddy.Inc. (1996). Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización. México: McGRAW-HILL.
- Metcalf & Eddy.Inc. (1985). Ingeniería Sanitaria: Tratamiento, Evacuación y Reutilización de Aguas Residuales. Barcelona: Editorial Labor S.A.
- Ministerio de Medio Ambiente y Agua. (2013). Sistematización sobre tratamiento y reúso de aguas residuales. La Paz, Bolivia: PROAGRO y PERIAGUA.
- Sabino (2006) Metodología de la investigación científica. Segunda Edición, Editorial Limusa, Editado en Caracas, Venezuela.
- Wagner, W. (2010). Recomendaciones para la elección de plantas de tratamiento de agua residual aptas para Bolivia. La Paz, Bolivia.