

REFERENTES LATINOAMERICANOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DE ORIGEN URBANO

Karen Andrea Zuluaga Velásquez

Universidad Católica de Manizales

Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Programa de Ingeniería Ambiental

Manizales

2018

REFERENTES LATINOAMERICANOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DE ORIGEN URBANO

Karen Andrea Zuluaga Velásquez

Trabajo de grado dirigido por:

Javier Mauricio Naranjo Vasco

Docente Investigador

Universidad Católica de Manizales

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Programa de Ingeniería Ambiental

Manizales

2018

CONTENIDO

TABLA DE TABLAS	6
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
INTRODUCCIÓN	10
OBJETIVOS	14
OBJETIVO GENERAL.....	14
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	14
BRASIL	16
UBICACIÓN GEOGRAFICA.....	16
CLIMA.....	17
DEMOGRAFIA.....	19
DIVISIÓN POLITICA.....	20
NORMATIVA	21
SANEAMIENTO	29
ANÁLISIS DE PLANTAS DE TRATAMIENTOS DE AGUAS DE ORIGEN URBANO EN ALGUNOS MUNICIPIOS DE BRASIL	31
ESTUDIO CASO 1: BELO HORIZONTE – MINAS GERAIS, PLANTA ONZA.	31
ESTUDIO DE CASO 2: ETE LABOREAUX ITABIRA – MINAS GERAIS	33
CHILE	35
UBICACIÓN GEOGRAFICA.....	35
CLIMA.....	36
DEMOGRAFÍA	37
DIVISIÓN POLITICA.....	38
NORMATIVA	39
SANEAMIENTO	42
ANÁLISIS DE PLANTAS DE TRATAMIENTOS DE AGUAS DE ORIGEN URBANO EN ALGUNOS MUNICIPIOS DE CHILE	44
CASO 1. PTAR PROVINCIA DE CONCEPCIÓN PLANTA LODOS ACTIVADOS	44
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	48
CONCLUSIONES	65
ANEXOS	66

BIBLIOGRAFIA.....	70
--------------------------	-----------

TABLA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Ubicación geográfica de Brasil. (Fuente: ficha País, oficina de Información Diplomática).</i>	<i>16</i>
<i>Figura 2. Clima Brasil. (Fuente: página estudio kids).....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 3. Densidad poblacional en Brasil. (Fuente: gaceta de Brasil un proyecto de la clase span326 de la Dra. Brahm, primavera de 2014).</i>	<i>19</i>
<i>Figura 4. División política de Brasil. (Fuente: blog Brasil).</i>	<i>20</i>
<i>Figura 5. Número de plantas con sus respectivos sistemas de tratamientos (n=2187). Fuente: Urban wastewater treatment in Brazil (2016).....</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
<i>Figura 6. Tren de tratamiento planta onza. Fuente: (Sperling, 2012)</i>	<i>31</i>
<i>Figura 7. Tren de tratamiento planta Itabira. Fuente: (Sperling, 2012).....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 8. Ubicación Chile. Fuente: http://mininterior.gov.ar.</i>	<i>35</i>
<i>Figura 9. Clima Chile. Fuente: Meteorología Descriptiva, Juan Inzunza.</i>	<i>36</i>
<i>Figura 10. Pirámide de población de Chile, proyectada al 2014. Fuente: I.N.E.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 11. Mapa división política de Chile por regiones. Fuente: Gobierno de Chile.</i>	<i>38</i>
<i>Figura 12. Lugar estratégico para PTAR. Fuente: (Petersen, 2013).....</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
<i>Figura 13. Tren de tratamiento PTAR provincia de Concepción. (Petersen, 2013).</i>	<i>44</i>
<i>Figura 14. Esquema del tren de tratamiento de la planta de tratamiento de aguas servidas BIOBÍO.</i>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>

TABLA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Algunas de las principales normativas Ambientales en Colombia para el saneamiento básico..</i>	10
<i>Tabla 2. Normativa Ambiental del recurso hídrico en Brasil. (EDUARDO PACHECO JORDÃO, Dr.Eng. ANA SILVIA SANTOS, D.Sc., 2010).</i>	21
<i>Tabla 3. Clasificación de la Resolución CONAMA 357 del 2005. Fuente: Resolución No. 357, 2005</i>	23
<i>Tabla 4. Límites máximos para contaminantes a descargas en aguas dulces de clasificación I. Fuente: Resolución No. 357, 2005.</i>	24
<i>Tabla 5. Número de plantas, porcentaje de saneamiento y tecnologías utilizadas en Brasil. Fuente: (Sperling, Urban wastewater treatment in Brazil, 2016).</i>	29
<i>Tabla 6. Caracterización de municipios con plantas en Brasil. Fuente: (Sperling, Urban wastewater treatment in Brazil, 2016).</i>	29
<i>Tabla 7. Datos de interés planta Onza. Fuente: (Sperling, 2012).</i>	32
<i>Tabla 8. Datos de interés Planta Itabira. Fuente: (Sperling, 2012).</i>	34
<i>Tabla 9. Normativa Chilena sobre el Recurso Hídrico. Fuente:(Biblioteca del Congreso Nacional de Chile).</i>	39
<i>Tabla 10. Normativa de vertimiento a aguas superficiales fluviales en Chile. Fuente: (decreto 90, 2001).</i>	40
<i>Tabla 11. Número de plantas, porcentaje de saneamiento y tecnologías utilizadas en Chile.</i>	42
<i>Tabla 12. Tecnologías de tratamiento de aguas servidas utilizadas en Chile. (Petersen, 2013).</i>	42
<i>Tabla 13. Parámetros. (Petersen, 2013).</i>	45
<i>Tabla 14. Parámetros de interés planta la Farfana. Fuente:(Fontecilla, 2015).</i>	47
<i>Tabla 15. Comparación de Parámetros de la normativa del Recurso Hídrico de Colombia, Brasil, y Chile.</i>	48
<i>Tabla 16. Número de plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas a nivel nacional.</i>	53
<i>Tabla 17. Porcentaje por cobertura a nivel nacional.</i>	56
<i>Tabla 18. Porcentaje de cobertura por número de habitantes. Fuente: (Lentini, 2015).</i>	58
<i>Tabla 19. Porcentaje de tecnologías más usadas comúnmente entre los países.</i>	60
<i>Tabla 20. Ventajas y desventajas de tecnologías más usadas comúnmente entre los países. Fuente: ² (udlap, 2018) ³ (Cano., 2018).</i>	62
<i>Tabla 21. Costos de operación e inversión de las tecnologías más usada entre países. Fuente: (Torres, 2012).</i>	64

TABLA DE GRAFICOS

<i>Grafico 1. Número de plantas por país. Fuente: propia.....</i>	<i>53</i>
<i>Grafico 2. Porcentaje de cobertura a nivel municipal. Fuente: Propia.....</i>	<i>56</i>
<i>Grafico 3. Porcentaje de cobertura por número de habitantes.....</i>	<i>58</i>

RESUMEN

El presente trabajo introduce a la revisión bibliográfica de tratamiento de aguas residuales urbanas en Brasil y Chile, los cuales fueron identificados como referentes en dichos procesos debido a su amplia experiencia en el tema. La revisión tiene como fin principal realizar un análisis que permita dar una comparación base para la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en la ciudad de Manizales.

Consiguiente a esto, se encuentran temas relacionados que nos llevan a la contextualización general de los países expuestos, tecnologías con mayor uso en tratamiento de aguas residuales de origen urbano, cobertura de saneamiento, entre muchos otros temas de interés en el área expuesta.

Lo anterior favoreció al análisis de la información investigada en comparación a la información con que cuenta Colombia, con el fin de dar un panorama general de cómo se sitúa nuestro país a nivel de saneamiento. Temas como la contextualización de aspectos climáticos, topográficos, económicos y crecimiento poblacional de los lugares donde se sitúan las plantas de tratamiento de agua residual de origen urbano estudiadas, y el análisis de ventajas y desventajas de las distintas tecnologías más comunes entre los países nombrados, nos permitieron concluir alternativas viables para la ciudad de Manizales en aras a la construcción de la planta de tratamiento de agua residual urbana.

Palabras clave: Lodos Activados, Tratamiento de aguas residuales urbanas, Reactores, Lagunas.

ABSTRACT

This document introduces the bibliographic review of urban wastewater treatment in Brazil and Chile, which were identified as references in these processes due to their extensive experience in the subject. The main purpose of the review is to perform an analysis that allows a base comparison for the construction of the wastewater treatment plant (WWTP) in the city of Manizales.

Consequent to this, there are related issues that lead us to the general contextualization of the exposed countries, technologies with greater use in wastewater treatment of urban origin, sanitation coverage, among many other topics of interest in the exposed area.

The foregoing favored the analysis of the information researched in comparison with the information available in Colombia, in order to give an overview of how our country is in terms of sanitation. Issues such as the contextualization of climatic, topographic, economic and population growth aspects of the places where wastewater treatment plants of urban origin are located, and the analysis of advantages and disadvantages of the most common technologies among the named countries, they allowed us to conclude viable alternatives for the city of Manizales for the construction of the urban wastewater treatment plant.

Key words: activated sludges, treatment of urban wastewater, reactors, lagoons

INTRODUCCIÓN

En el mundo la demanda de agua dulce está en constante aumento y los escasos recursos hídricos se ven cada vez más exigidos por la alta tasa de natalidad, factor que conlleva a la captación excesiva de la misma, lo cual trae consigo la generación de aguas residuales que en su mayoría poseen una alta carga contaminante, convirtiéndose en una problemática ambiental de grandes magnitudes, ya que generalmente estas son vertidas a las fuentes hídricas sin ningún tratamiento previo, afectando significativamente su calidad y disponibilidad. (UNESCO, 2017).

Según la OMS el saneamiento es fundamental para proteger la salud pública, y es por esta razón que en los objetivos del desarrollo del milenio plantean la reducción del porcentaje de personas que carecen del acceso sostenible al agua potable y al saneamiento básico. (OMS, 2017)

La inadecuada o inexistente recolección, tratamiento y disposición de los vertimientos generados por actividades como la agricultura y la industria, y de las aguas residuales de origen doméstico, en el país se han generado en forma sucesiva e incremental, problemas de salubridad y de calidad del agua en varias regiones, (PMAR, 2004). Para evitar la problemática expuesta y mejorar el acceso a servicios de saneamiento básico se creó dentro del marco legal Colombiano político, normativas orientadas a la gestión del recurso hídrico.

A continuación se incluyen algunas de las principales normas vigentes relacionadas con la gestión integran del recurso hídrico que son relevantes para su uso, protección, conservación y manejo.

Tabla 1. Algunas de las principales normativas Ambientales en Colombia para el saneamiento básico.

NOMATIVA	OBJETO
	El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible es el rector de la gestión del ambiente y de los recursos naturales renovables, encargado de orientar y regular el ordenamiento ambiental del territorio y de definir las políticas y regulaciones a las que se

Decreto 1076 del 2015	sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del ambiente de la Nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible, sin perjuicio de las funciones asignadas a otros sectores.
Decreto 1077 del 2015	El Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio tendrá como objetivo primordial lograr, en el marco de la ley y sus competencias, formular, adoptar, dirigir, coordinar y ejecutar la política pública, planes y proyectos en materia del desarrollo territorial y urbano planificado del país, la consolidación del sistema de ciudades, con patrones de uso eficiente y sostenible del suelo, teniendo en cuenta las condiciones de acceso y financiación de vivienda, y de prestación de los servicios públicos de agua potable y saneamiento básico. (COLOMBIA, 2015)
Decreto 1287 del 2014	El presente decreto tiene por objeto establecer los criterios para el uso de los Biosólidos producidos a partir de los lodos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales
	Por la cual se crea el MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y

Ley 99 de 1993	conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental –SINA y se dictan otras disposiciones
Resolución 330 RAS 2017	La presente Resolución reglamenta los requisitos técnicos que se deben cumplir en las etapas de planeación, diseño, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo.
Resolución 631 del 2015	La presente Resolución establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles que deberán cumplir quienes realizan vertimientos puntuales a los cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público.
Resolución 1433 del 2014	Por la cual se reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, y se adoptan otras determinaciones.

Cabe resaltar que una planta de tratamiento de agua residual (PTAR), es un sistema donde se llevan a cabo una serie de procesos físicos, químicos y biológicos dirigidos a la reducción de contaminantes de distintos caracteres.

La ciudad de Manizales no cuenta con una planta de tratamiento que permita dar el manejo adecuado a las aguas residuales urbanas, lo cual se convierte en una problemática ambiental

significativa. Debido a esto, el estado de los efluentes principales como la quebrada Olivares y la quebrada Manizales presentan altos índices de contaminación reflejado en sus propiedades físico - químicas. Teniendo en cuenta la importancia del proyecto se hace indispensable realizar una búsqueda de información, referente a los resultados y percepciones obtenidos por otros países en la implementación de plantas de tratamiento de aguas residuales, con el fin de mostrar la viabilidad de los factores que influyen de manera directa en la construcción y eficacia de una PTAR.

De acuerdo a la información obtenida mediante la comparación de revisiones bibliográficas de los países referentes en tratamiento de aguas residuales urbanas, la eficiencia de las tecnologías están sujetas a parámetros poblacionales, climáticos, topográficos, económicos y tecnológicos, que de ser implementados de una manera incorrecta pueden afectar significativamente el funcionamiento de una PTAR; es por esto que antes de poner en marcha el proyecto se deben de realizar estudios de factibilidad mediante herramientas investigativas que permitan hacer una comparación de los factores expuestos anteriormente.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Conocer el estado en que se encuentran en saneamiento básico los países Brasil y Chile como referentes internacionales para proyectos de diseño y construcción de PTAR urbanas en Manizales.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar documentos técnicos, guías, políticas, normativas, asociadas a la implementación de plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas en Brasil y Chile.
- Realizar análisis de la información secundaria (documentos técnicos, políticas, guías, etc.).
- Realizar una comparación entre los países referentes y Colombia.

METODOLOGIA

OBJETIVO 1

Revisión bibliográfica de documentos técnicos encontrados en distintas bases de datos y páginas, esto con el fin de obtener información de interés que nos permitió llegar a un análisis sobre las experiencias internacionales en el tratamiento de aguas residuales de origen urbano.

OBJETIVO 2

indagación temas generales informativos relacionados con la contextualización de cada país (clima, economía, demografía, entre otros.), normativa ambiental relacionada con el recurso hídrico (Vertimientos), plantas de tratamiento de agua residual de origen urbano, Porcentaje de cobertura de tratamiento de aguas residuales urbanas, tecnologías usadas, tratamiento de lodos, y algunos ejemplos plantas construidas en dichos países.

OBJETIVO 3

Este objetivo se desarrolló haciendo un análisis comparativo de:

- Parámetros normativos sobre límites máximos permisibles de vertimientos de aguas residuales urbanas en los países referentes con la normatividad Colombiana.
- Porcentaje de cobertura de tratamiento de aguas residuales urbanas.
- Número de plantas de aguas residuales.
- Tecnologías usadas para dicho tratamiento.

RESULTADOS

BRASIL

UBICACIÓN GEOGRAFICA



Figura 1. Ubicación geográfica de Brasil. (Fuente: ficha País, oficina de Información Diplomática).

Como se muestra en la *figura 1*, Brasil es un país ubicado en América del Sur y ocupa el 47.3% de dicho Continente. Siendo el quinto País más grande del mundo con una superficie de 8.514.215 Km². Además de sus tierras continentales, posee un sin número de Islas. (Ercilia Vásquez, Vanesa Mennechey, Luis Nascimento., 2018)

Su territorio abarca varios kilómetros de zona costera del océano Atlántico, y gran parte de la cuenca amazónica, convirtiéndose en un país de biodiversidad infinita.

CLIMA



Figura 2. Clima Brasil. (Fuente: página estudo kids).

Por su estratégica ubicación, Brasil cuenta con un clima cálido en la mayoría de su territorio. Como se puede observar en la *figura 2* parte de este país se encuentra cerca al ecuador, definiendo un clima ecuatorial es esta zona específica, viéndose influenciado por la cuenca amazónica de América del Sur.

El clima ecuatorial se caracteriza por tener temperaturas medias anuales mayores a 25°C a nivel del mar, y al mismo tiempo lluvias abundantes superiores a 1500 y 2000 mm por año (Navarra, 2018).

El clima tropical se hace visible un poco más al sur este del país, con algunas partes semiáridas dentro del mismo, dicho clima se da entre la zona ecuatorial y en los desiertos cálidos, presenta lluvias en el verano y se hace más evidente a medida que nos alejamos del ecuador (Inzunza, 2018).

A nivel de zonas costeras (ubicación de la mayoría de sus habitantes), la región goza de un clima Tropical litoraneo, y más al sur Subtropical (*véase figura 2*), lugares caracterizados por diferentes masas de aire marítimo, y polares para el ultimo.

DEMOGRAFIA

Densidad de población

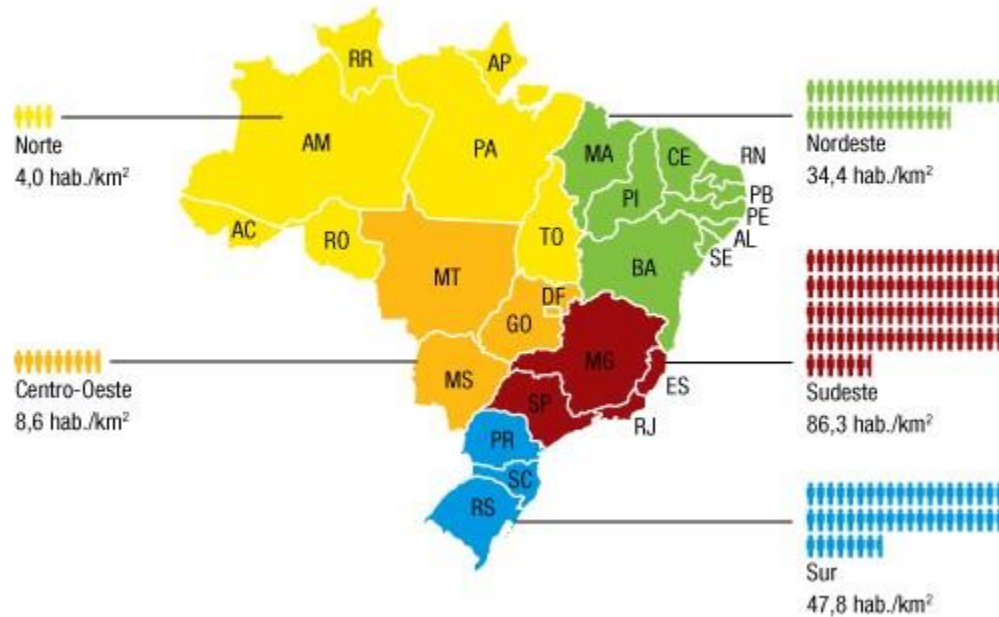


Figura 3. Densidad poblacional en Brasil. (Fuente: gaceta de Brasil un proyecto de la clase span326 de la Dra. Brahm, primavera de 2014).

Según el reloj poblacional, La República Federativa del Brasil cuenta con 213'559.378 millones de habitantes, de los cuales el 49,2 % pertenecen al género masculino y el 50,8 % al género femenino (meters, 2018), siendo el quinto país más poblado del mundo.

Como se observa en la figura 3, más del 80 % de los pobladores se ubican en zonas costeras donde se desarrollan ciudades y estados como Rio de Janeiro, Sao pablo, Mina Gerais, Espíritu Santo, etc. Y el resto en regiones del norte y centro – oeste, regiones en las que se encuentran el Amazonas, Amapá, Pará, entre otras. Siendo la región del Amazonas la menos poblada del país.

DIVISIÓN POLITICA



Figura 4. División política de Brasil. (Fuente: blog Brasil).

El gobierno de Brasil se divide en tres poderes, Federal, Provincial y Municipal. Posee 26 Estados que cuentan con 5570 municipios y un Distrito Federal donde se encuentra Brasilia, capital de Brasil. Cada Estado tiene su propio gobierno y goza de sus poderes definidos en la Constitución del Estado. (Ercilia Vásquez, Vanesa Mennechey, Luis Nascimento., 2018).

NORMATIVA

Brasil cuenta con una serie de normativa ambiental enfocada al Recurso Hídrico direccionada desde leyes generales a Resoluciones específicas, creadas por la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), entre las cuales desatacamos:

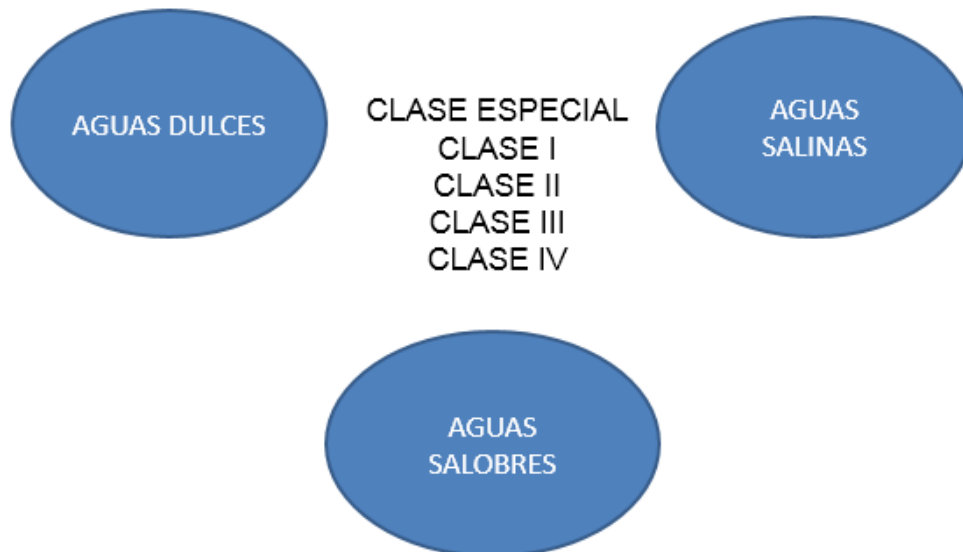
Tabla 2. Normativa Ambiental del recurso hídrico en Brasil. (EDUARDO PACHECO JORDÃO, Dr.Eng. ANA SILVIA SANTOS, D.Sc., 2010).

NORMA	OBJETO
LEY N° 6.938 DEL 31 DE AGOSTO DE 1981	Presenta la Política Nacional de Medio Ambiente.
LEY N° 9.433 DEL 8 DE ENERO DE 1997	Presenta la Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH)
LEY N° 11.445 DEL 5 DE ENERO DEL 2007	Presenta la Política Nacional de Saneamiento Básico
Resolución CONAMA 274/2000	Balneabilidad de cuerpos de agua: establece padrones de calidad para la recreación de contacto primario en los cuerpos de agua.
Resolución CONAMA 357/2005	Clasifica las aguas dulces, salobres y salinas en 12 clases, según sus usos preponderantes, determina padrones de calidad para las clases mencionadas y así como establece las condiciones y estándares de lanzamiento de efluentes.
Resolución CONAMA 375/2006	Establece límites máximos permisibles de contaminantes para el uso agrícola de lodo seco de las plantas de tratamiento (biosólidos), y normas a

	obedecer.
Resolución CONAMA 382/2006	Establece límites máximos permisibles de gases emitidos por fuentes fijas de las plantas de tratamiento de aguas residuales, y normas correspondientes.

El presente trabajo se enfoca en la resolución 357 del 2005 que tiene por objeto Clasificar las aguas dulces, salobres y salinas en 12 clases, según sus usos preponderantes, determinar padrones de calidad para las clases mencionadas y así como establecer las condiciones y estándares de lanzamiento a dichos efluentes.

CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS (RESOLUCIÓN 357/2005)



Esta clasificación se da de acuerdo a la calidad que posea el cuerpo hídrico, teniendo en cuenta que según esto se definen unos usos potenciales del mismo, para el tema de vertimientos se debe tener presente

ninguno debe variar la calidad del agua, lo cual quiere decir que el vertimiento debe contar con los mismos parámetros de calidad según la normativa aplicada para cada clase.

Tabla 3. Clasificación de la Resolución CONAMA 357 del 2005. Fuente: Resolución No. 357, 2005

RESOLUCIÓN CONAMA 357 DEL 2005	CLASIFICACIÓN I
<p>AGUAS DULCES</p>	<p>Aguas que pueden ser destinadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abastecimiento para consumo humano, con tratamiento simplificado. • Protección de comunidades acuáticas. • Protección de comunidades acuáticas. • Recreación de contacto primario tal como natación, esquí acuático y buceo, conforme a la resolución CONAMA N° 274 del 2000. • a la irrigación de hortalizas que se consumen crudas y de frutas que se desarrollen en el suelo y que se ingieren crudas sin eliminación de película; • a la protección de las comunidades acuáticas en Tierras Indígenas.

En la siguiente la tabla se observan los parámetros de las aguas dulces clase I

Tabla 4. Límites máximos para contaminantes a descargas en aguas dulces de clasificación I. Fuente: Resolución No. 357, 2005.

TABLA I - CLASE 1 - AGUAS DULCES	
NORMAS	
PARÁMETROS	VALOR MÁXIMO
Clorofila a	10 µg/L
Densidad de cianobacterias	20.000 cel/mL ou 2 mm ³ /L
Sólidos disueltos totales	500 mg/L
PARÁMETROS INORGÁNICOS	VALOR MÁXIMO
Aluminio disuelto	0,1 mg/L Al
Antimonio	0,005mg/L Sb
Arsenico Total	0,01 mg/L As
Bario total	0,7 mg/L Ba
Berilio Total	0,04 mg/L Be
Boro Total	0,5 mg/L B
Cadmio Total	0,001 mg/L Cd
Plomo Total	0,01mg/L Pb
Cianuro libre	0,005 mg/L CN
Cloro Total	250 mg/L Cl
Cloro total residual	0,01 mg/L Cl
Cobalto total	0,05 mg/L Co
Cobre disuelto	0,009 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Hierro disuelto	0,05 mg/L Co
Flour total	1,4 mg/L F
Fosforo total (ambiente léntico)	0,020 mg/L P
Fosforo total (ambiente intermedio, con tiempo de residencia entre 2 y 40 días, y tributarios directos de ambiente léntico)	0,025 mg/L P

TABLA I - CLASE 1 - AGUAS DULCES	
NORMAS	
PARÁMETROS	VALOR MÁXIMO
Fósforo total (ambiente lótico y tributarios de ambientes intermedio)	0,1 mg/L P
Lítio total	2,5 mg/L Li
Manganeso Total	0,1 mg/L Mn
Mercurio Total	0,0002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	10,0 mg/L N
Nitrito	1,0 mg/L N
Nitrógeno amoniacal total	3,7mg/L N, para $\text{pH} \leq 7,5$ 2,0 mg/L N, para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$ 1,0 mg/L N, para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$ 0,5 mg/L N, para $\text{pH} > 8,5$
Plata total	0,01 mg/L Ag
Selenio Total	0,01 mg/L Se
Sulfato total	250 mg/L SO ₄
Sulfuro (H ₂ S no disociado)	0,002 mg/L S
Uranio total	0,02 mg/L U
Vanadio Total	0,1 mg/L V
Zinc Total	0,18 mg/L Zn
PARÁMETROS ORGÁNICOS	VALOR MÁXIMO
Acilamida	0,5 µg/L
Alaclor	20 µg/L
Aldrin + Dieldrin	0,005 µg/L

TABLA I - CLASE 1 - AGUAS DULCES	
NORMAS	
PARÁMETROS	VALOR MÁXIMO
Atrazina	2 µg/L
Benzeno	0,005 mg/L
Benzidina	0,001 µg / L
Benzo (a) antraceno	0,05 µg / L
Benzo (a) pireno	0,05 µg / L
Benzo (b) fluorante	0,05 µg / L
Benzo (k) fluoranteno	0,05 µg / L
Carbaril	0,02 µg / L
Clordano (cis + trans)	0,04 µg / L
2-Clorofenol	0,1 µg / L
Crisis	0,05 µg / L
2,4-D	4,0 µg / L
Demetón (Demeton-O + Demeton-S)	0,1 µg / L
Dibenzo (a, h) antraceno	0,05 µg / L
1,2-Dicloroetano	0,01 mg/L
1,1-Dicloroetano	0,003 mg/L
2,4-Diclorofenol	0,3 µg/L
Diclorometano	0,02 mg/L
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	0,002 µg/L
Dodecacloro pentaciclodecano	0,001 µg/L
Endosulfan (a + b + sulfato)	0,056 µg/L
Endrin	0,004 µg/L
Estireno	0,02 mg/L
Etilbenzeno	90,0 µg / L
Fenoles totales (sustancias que reaccionan con 4-	0,003 mg / L C ₆ H ₅ OH

TABLA I - CLASE 1 - AGUAS DULCES	
NORMAS	
PARÁMETROS	VALOR MÁXIMO
aminoantipirina)	
Glifosato	65 µg / L
Gución	0,005 µg / L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,01 µg / L
Hexaclorobenceno	0,0065 µg / L
Indeno (1,2,3-cd) pireno	0,05 µg / L
Lindano	0,02 µg / L
Malación	0,1 µg / L
Metolacloro	10 µg / L
Metotoxicloro	0,03 µg / L
Paración	0,04 µg / L
PCBs - Bifenilas policloradas	0,001 µg / L
Pentaclorofenol	0,009 mg / L
Simazina	2,0 µg / L
Sustancias tensoactivas que reaccionan con el azul de metileno	0,5 mg / L LAS
2,4,5-T	2,0 µg / L
Tetracloruro de carbono	0,002 mg / L
Tetracloroetano	0,01 mg / L
Tolueno	2,0 µg / L
Toxafeno	0,01 µg / L
2,4,5-TP	10,0 µg / L
Tributilestano	0,063 µg / L TBT
Triclorobenceno (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB)	0,02 mg / L
Tricloroetano	0,03 mg / L

TABLA I - CLASE 1 - AGUAS DULCES**NORMAS**

PARÁMETROS	VALOR MÁXIMO
2,4,6-Triclorofenol	0,01 mg / L
Trifluralina	0,2 µg / L
Xileno	300 µg / L

SANEAMIENTO

Brasil cuenta con una gama amplia de tecnologías a la hora de tratar sus aguas urbanas, ya que las características climáticas, demográficas, topográficas, entre otras así lo exigen (Sperling, Urban wastewater treatment in Brazil, 2016):

Tabla 5. Número de plantas, porcentaje de saneamiento y tecnologías utilizadas en Brasil. Fuente: (Sperling, Urban wastewater treatment in Brazil, 2016).

PARAMETRO	VALOR
NÚMERO DE PLANTAS	Número total estimado de las PTAR urbanas de Brasil: 2785, según el informe de Sperling 2015.
% SANEAMIENTO	POR COBERTURA MUNICIPAL: 34,0%
TECNOLOGIAS	<ul style="list-style-type: none"> • Laguna anaerobia facultativa + Laguna anaerobia: 15,73% • Reactor anaerobio de flujo ascendente: 11,34% • Lodo activado: 11,11% • Fosa séptica y filtro anaeróbico: 9,28% • Laguna facultativa: 7,86% • Otros: 44.68%

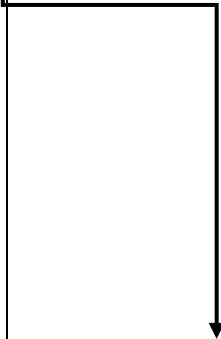


Tabla 6. Caracterización de municipios con plantas en Brasil. Fuente: (Sperling, Urban wastewater treatment in Brazil, 2016)

Número total de municipios	5570
Municipios con PTAR	1899
PTAR caracterizadas	1519
PTAR sin caracterizar	380
Municipios sin PTAR	3671

Según la tabla 5, para determinar el porcentaje de cobertura de saneamiento en Brasil, se tomaron los municipios que registran plantas de tratamiento de agua residual multiplicados por 100% (de los municipios totales) y divididos por el número total de municipios que posee el país, para un resultado del 34% de cobertura en saneamiento de aguas residuales de origen urbano.

La principal tecnología usada en Brasil es Laguna anaerobia facultativa + Laguna anaerobia con un 15,73%, su porcentaje es relativamente bajo por la diversidad de tecnologías con que cuenta el país, haciendo énfasis que en su mayoría son combinaciones de lagunas, reactores y lagunas, reactores y filtros percoladores, entre otros.

La segunda tecnología más usada es el reactor UASB con eficiencias de remoción igualmente altas, y un número de 248 plantas identificadas en los municipios muestreados.

ANÁLISIS DE PLANTAS DE TRATAMIENTOS DE AGUAS DE ORIGEN URBANO EN ALGUNOS MUNICIPIOS DE BRASIL

ESTUDIO CASO 1: BELO HORIZONTE – MINAS GERAIS, PLANTA ONZA.

CONTEXTUALIZACIÓN

UBICACIÓN: Belo horizonte es la ciudad capital del estado de Mina Gerais, el cual se ubica en el sur este de Brasil. Posee un área de aproximadamente 330 km² y una diversa geografía, con montañas y tierras bajas. (MERCOCIUDADES, 2018).

CLIMA: el clima que más predomina en la ciudad es tropical. La temperatura media anual es de 20,5 ° C y hay una pequeña variación de las estaciones. El índice de precipitación pluvial es relativamente alto (200mm anuales), con la concentración de lluvias en el período de noviembre a marzo 80% -85%. (INMET, 2018)

DEMOGRAFIA: Para el 2015 Belo horizonte contaba con 2'502.600 de habitantes, y según la tasa de crecimiento poblacional (+1.05%/año) en 2018 sería 2'582.263 de habitantes. (Populationcity, 2018).

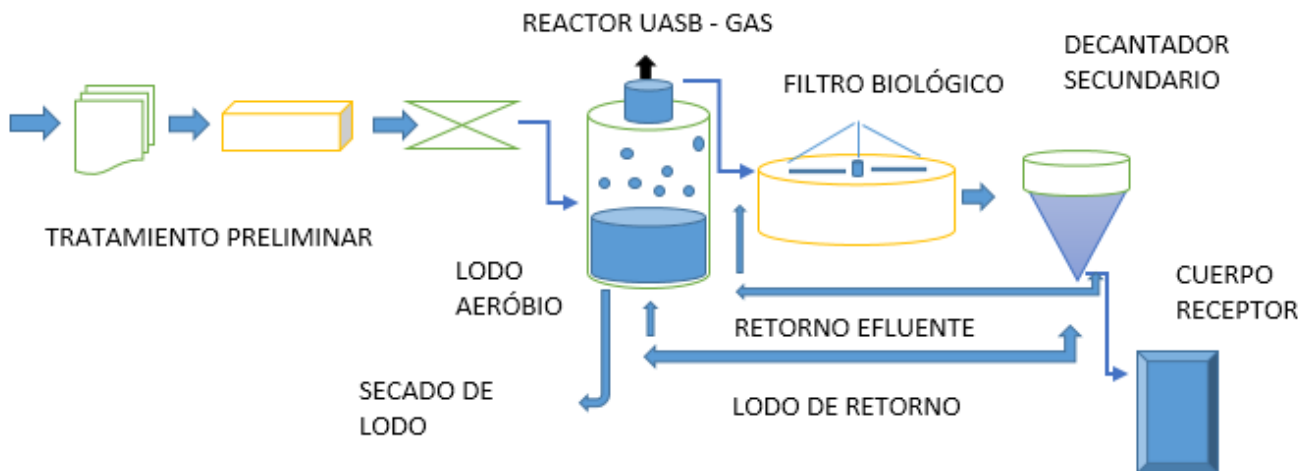


Figura 5. Tren de tratamiento planta onza. Fuente: (Sperling, 2012)

TRATAMIENTO
PRELIMINAR



- Barandilla.
- Trampa de arena.

TRATMIENTO
BIOLOGICO



- Reactor UASB.
- Filtro biológico.
- Percolador FBP.
- Sedimentador secundario.

DATOS DE INTERES

Tabla 7. Datos de interés planta Onza. Fuente: (Sperling, 2012)

CAPACIDAD INSTALADA	2,5 m ³ /s (4 m ³ /s)
POBLACIÓN EQUIVALENTE	1'000.000 hab. (2'000.000 hab.)
EFICIENCIAS DBO y DQO	67 y 76% respectivamente.
GESTIÓN SUBPRODUCTO	Recuperación energética.

En el tratamiento preliminar se eliminan todo tipo de partículas de gran tamaño, esto por medio de los procesos físicos que se exponen en la figura 6, de allí el agua pasa a la tecnología principal o tratamiento secundario de remoción de partículas de menor tamaño, carga de materia orgánica, y otros contaminantes que allí se quedan, cabe destacar que en el presente proceso se lleva a cabo una recirculación de lodos o fangos que allí sedimentan o decantan. Finalmente el efluente es llevado al cuerpo hídrico receptor.

ESTUDIO DE CASO 2: ETE LABOREAUX ITABIRA – MINAS GERAIS

CONTEXTUALIZACIÓN

UBICACIÓN: Itabira se encuentra ubicada en la región sudeste de Brasil, en el centro de Minas Gerais estado al cual pertenece, y a 104 km de Belo Horizonte. (EstudioyRegión, 2018)

CLIMA: El municipio de Itabira posee un clima cálido y templado, en el verano ocurre mayor pluviosidad que el invierno. La temperatura media anual es de 20.4°C y pluviosidad media anual de 1471 mm. (CLIMATE-DATA.ORG, 2018)

DEMOGRAFIA: Según el portal del gobierno Brasileiro (IBGE), para el 2017 Itabira cuenta con una población estimada de 119.285 personas.

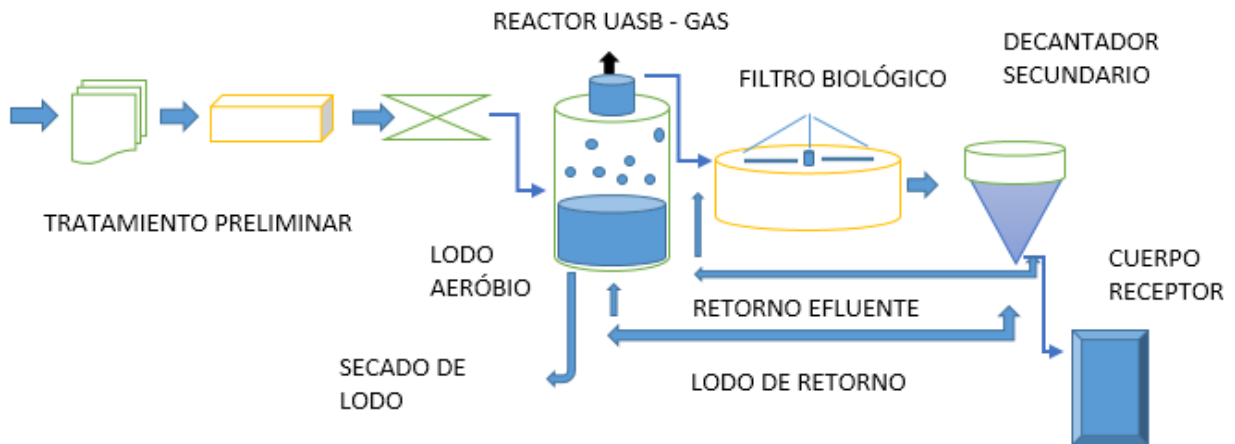


Figura 6. Tren de tratamiento planta Itabira. Fuente: (Sperling, 2012).

TRATAMIENTO
PRELIMINAR



- Barandilla.
- Trampa de arena.

TRATAMIENTO
BIOLOGICO



- Reactor UASB.
- Filtro biológico.
- Percolador FBP.
- Sedimentador secundario.

DATOS DE INTERÉS

Tabla 8. Datos de interés Planta Itabira. Fuente: (Sperling, 2012)

CAPACIDAD INSTALADA	65 l / s
POBLACIÓN EQUIVALENTE	123.000 habitantes
GESTIÓN SUBPRODUCTO	Recuperación energética.

Para este caso la planta cuenta con el mismo sistema que la anterior; consta de un tratamiento preliminar, es decir de estilo primario donde se remueven partículas de mayor tamaño por medio de procesos en su mayoría físicos.

La tecnología principal de remoción consta de un reactor UASB (lodo aerobio) seguido de un filtro biológico y decantador secundario donde se lleva a cabo una recirculación de lodos o fangos que allí sedimentan o decantan.

Finalmente el efluente es llevado al cuerpo hídrico receptor.

CHILE

UBICACIÓN GEOGRAFICA



Figura 7. Ubicación chile. Fuente: <http://mininterior.gov.ar>.

La República de Chile se sitúa en el margen suroccidental de América del Sur, sus territorios comprenden parte del continente americano, Oceanía y la Antártica. La superficie es en conjunto 2.006.096,3 de Km², sin contar el mar territorial y las 200 millas de mar patrimonial o Zona Económica Exclusiva. Limita al Norte con Perú, al este con Bolivia y Argentina, al sur con el Polo Sur (Territorio Chileno Antártico) y al oeste con el Océano Pacífico, el cual baña sus costas en una extensión de más de 8.000 Km. (Chile, 2018).

Por su especial ubicación y forma, Chile posee una gran extensión latitudinal, y poca longitudinal, destacando topografías, climas, y vegetación de distinta índole a lo largo de su territorio.

CLIMA

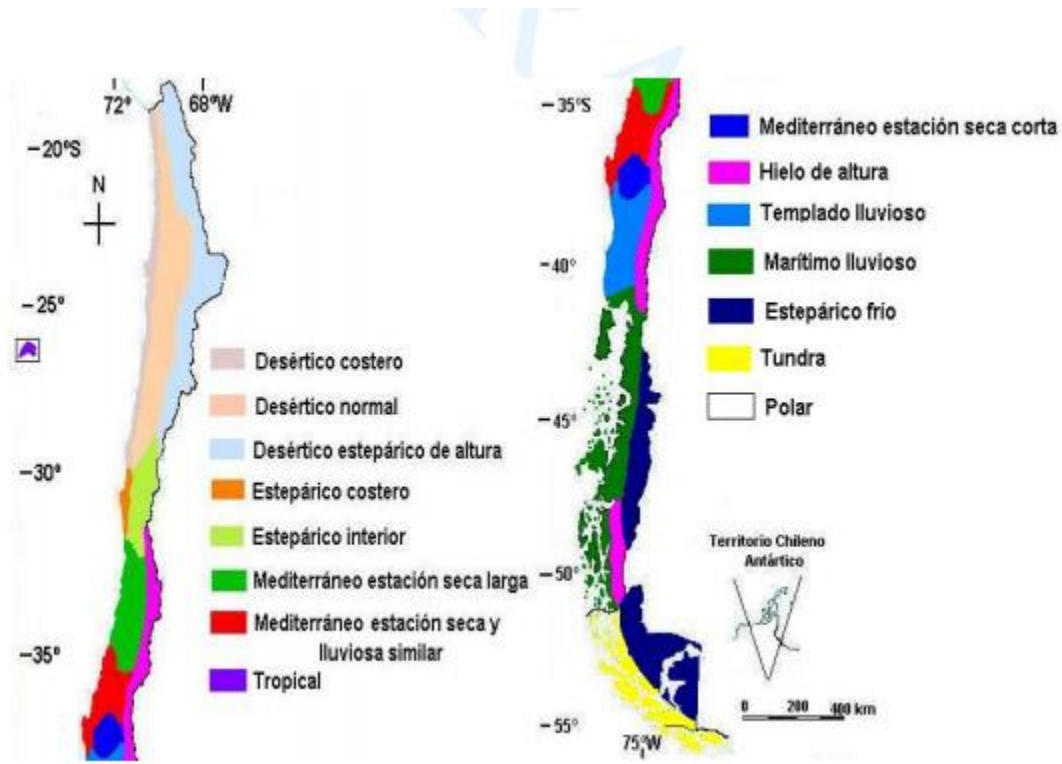


Figura 8. Clima Chile. Fuente: *Meteorología Descriptiva*, Juan Inzunza.

Las características climáticas de Chile se relacionan con algunos factores que determinan sus rasgos fundamentales. Entre estos factores se pueden citar: la gran extensión en términos de latitud, la presencia de las cadenas montañosas de la Costa y de los Andes, la existencia de la corriente fría de Humboldt, la presencia del Anticiclón del Pacífico y del Frente Polar. Todo ello le confiere marcadas diferencias en las características climáticas, las que varían de norte a sur, y según la altitud. (Chile, 2018).

En la zona norte del país predominan los climas secos, esto por condiciones especiales y fenómenos estacionales, en la zona central se encuentran climas de tipo templado, combinado con fuertes lluvias que se presentan en ciertas temporadas de invierno, para el centro sur y zona sur se empieza a evidenciar los climas más fríos y lluviosos hasta llegar a la zona polar.

DEMOGRAFÍA

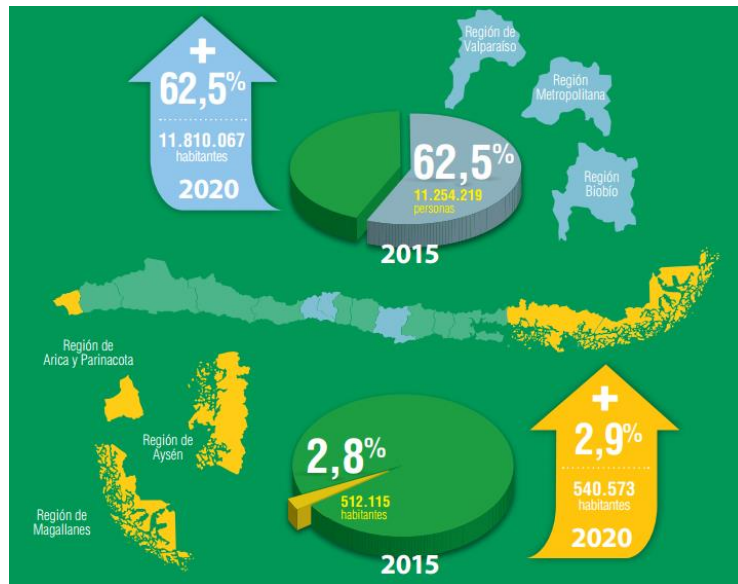


Figura 9. Datos demográficos de Chile 2015. Fuente: I.N.E.

Según el reloj poblacional de Chile, la población actual es de 18'524.079 millones de habitantes, 49.4 % pertenece al género masculino, y 50.6% al femenino. (Meters, 2018).

Según la figura 10, la región sur de Chile cuenta con una densidad baja a nivel poblacional, esto por las condiciones climáticas extremas, pues en esta zona se encuentra la región polar de Chile. En la zona centro la demografía aumenta considerablemente, ya que las condiciones climáticas favorecen la misma. El crecimiento proyectado para el año 2020 crece para las distintas regiones marcándose aún más para la zona centro con un 62.5%.

DIVISIÓN POLITICA



Figura 10. Mapa división política de Chile por regiones. Fuente: Gobierno de Chile.

Chile se divide en 15 regiones, siendo estas las máximas unidades administrativas en que se divide el país, las mismas contienen 54 provincias como unidades intermedias de división y en la actualidad, existen 345 municipalidades. (Chile, 2018).

NORMATIVA

En lo que establece el tema de vertimientos a cuerpos hídricos, Chile cuenta con Decretos supremos creados por el Ministerio de la secretaria General de la Presidencia MINSEGPRES los cuales establecen los parámetros para descargas de aguas residuales a Aguas superficiales.

Tabla 9. Normativa Chilena sobre el Recurso Hídrico. Fuente:(Biblioteca del Congreso Nacional de Chile).

NORMA	OBJETO
D.S. MINSEGPRES N°90 DEL 3 DE SEPTIEMBRE DE 2000	Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales.
Chile D.S. MOP N°609 DEL 20 DE JULIO DE 1998	Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado.

Para el presente trabajo se toma como referente el decreto 90 del 7 de marzo del 2001, ya que este establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales.

Contiene:

- Límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua fluviales.
- Límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua lacustres.
- Límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua marinos dentro de la zona de protección litoral.

- Límites máximos de concentración para descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua marinos fuera de la zona de protección litoral.

Tabla 10. Normativa de vertimiento a aguas superficiales fluviales en Chile. Fuente: (decreto 90, 2001).

CONTAMINANTES	UNIDAD	AGUAS FLUVIALES
		LIMITE MAX
Aceites y grasas	mg/L	20
Aluminio	mg/L	5
Arsénico	mg/L	0,5
Boro	mg/L	0,75
Cadmio	mg/L	0,01
Cianuro	mg/L	0,2
Cloruros	mg/L	400
Cobre total	mg/L	1
Coliformes Fecales o Termotolerantes	NMP/100 ml	1000
Índice de Fenol	mg/L	0,5
Cromo hexavalente	mg/L	0,05
Cromo total	mg/L	
DBO5	mg O2/L	35
Estaño	mg/L	
Fósforo	mg/L	10
Fluoruro	mg/L	1,5
Hidrocarburos totales	mg/L	
Hidrocarburos volátiles	mg/L	
Hidrocarburos Fijos	mg/L	10
Hierro disuelto	mg/L	5
Manganeso	mg/L	0,3
Mercurio	mg/L	0,001
Molibdeno	mg/L	1

Níquel	mg/L	0,2
Nitrógeno total		
Nitrógeno total kjeldahl	mg/L	50
Pentaclorofenol	mg/L	0,009
pH	Unidad	6,0 - 8,5
Plomo	mg/L	0,05
SAAM	mg/L	
Poder Epumógeno	mm	7
Selenio	mg/L	0,01
Sólidos sedimentables	mg/L	
Sólidos suspendidos totales	mg/L	80
Sulfatos	mg/L	1000
Sulfuros	mg/L	1
Temperatura	°C	35
Tetracloroetano	mg/L	0,04
Tolueno	mg/L	0,7
Triclorometano	mg/L	0,2
Xileno	mg/L	0,5
Zinc	mg/L	3

SANEAMIENTO

Tabla 11. Número de plantas, porcentaje de saneamiento y tecnologías utilizadas en Chile.

PARAMETRO	VALOR
NÚMERO DE PLANTAS	174 (Petersen, 2013). 15 Regiones.
% SANEAMIENTO	68 (Petersen, 2013).
TECNOLOGIAS	<ul style="list-style-type: none"> • Emisario submarino: 12,9% • Lodos activados: 9,41 % • Lodos con aireación extendida: 35,6 % • Lagunas de aireación: 13,5% • Filtro percolador y tanque imhoff. • Otros: 28,59 (Petersen,2013)



Tabla 12. Tecnologías de tratamiento de aguas servidas utilizadas en Chile. (Petersen, 2013).

Tipo de tratamiento	Número de plantas
Emisario submarino	22
Lodos activados convencionales	16
Lodos activados	62
Lodos Activados con aireación extendida	42
Lagunas aireadas	23
Lagunas estabilización	2
Bio – filtros	3

El 68% de los municipios en Chile cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales, porcentaje obtenido de la suma del porcentaje por cada región, dividido el número total de regiones.

ANÁLISIS DE PLANTAS DE TRATAMIENTOS DE AGUAS DE ORIGEN URBANO EN ALGUNOS MUNICIPIOS DE CHILE

CASO 1. PTAR PROVINCIA DE CONCEPCIÓN PLANTA LODOS ACTIVADOS

CONTEXTUALIZACIÓN

UBICACIÓN: Provincia Concepción hace parte de la región Biobío en Chile, la cual se ubica en el centro sur del mismo país. (Concepción, 2018).

CLIMA: Su clima es mediterráneo, lluvioso y húmedo en invierno y cálido en verano. Las estaciones son muy marcadas. (Concepción, 2018).

DEMOGRAFIA: según Censo del 2017, concepción cuenta con 223 mil habitantes, siendo la ciudad más poblada de la región Biobío. (Biobiochile, 2017).

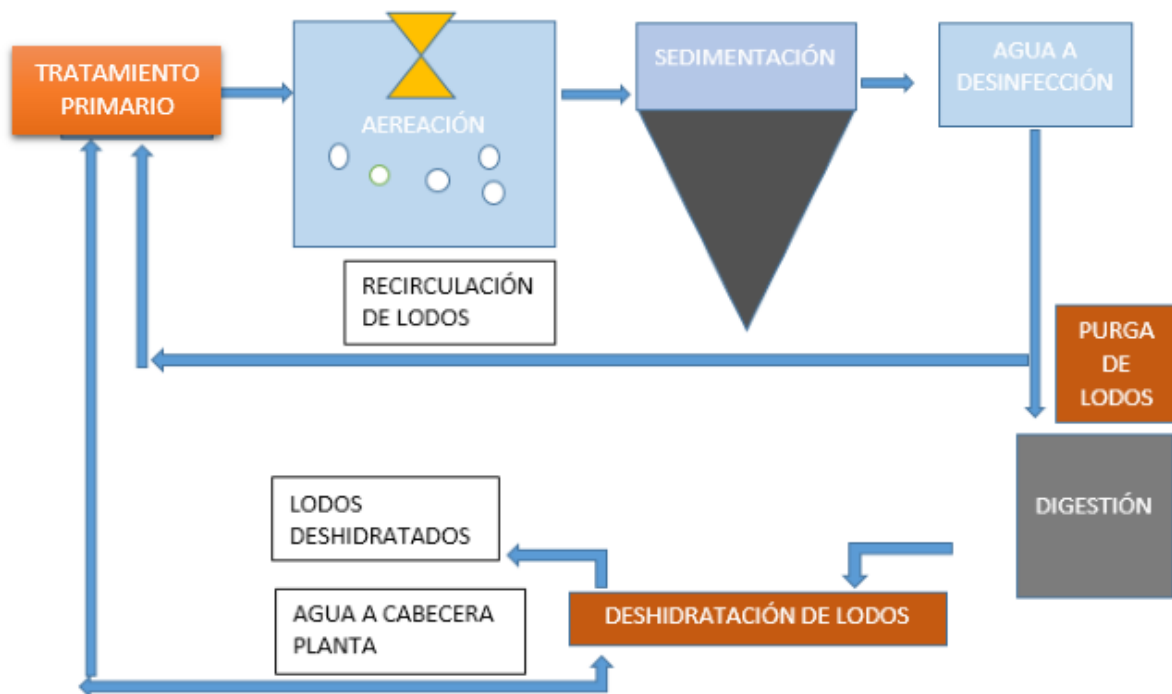


Figura 11. Tren de tratamiento PTAR provincia de Concepción. (Petersen, 2013).

Tabla 13. Parámetros. (Petersen, 2013).

COSTO DE INVERSIÓN (US\$)	780.000
CAUDAL (l/s)	28.75
COBERTURA (hab)	11.189
Eficiencia eliminación DBO5 (%)	90%

La presente planta consta de un tren de tratamiento con las siguientes fases:

- Pre-tratamiento, que consta de un recolector de agua donde llegan todas las aguas negras.
- Tratamiento primario, en donde sedimentación del agua reduce gran parte de la DBO5.
- En el tratamiento secundario se desprenden 2 procesos necesarios, los cuales son el tratamiento aeróbico y el tratamiento anaeróbico donde los lodos se mantienen durante 30 días a 35 °C para reducir su volumen.
- Proceso final de desinfección.

CASO 2. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA SERVIDA LA FARFANA LODOS ACTIVADOS CONVENCIONALES CON DIGESTIÓN ANAEROBICA – SECTOR DE LA FARFANA MAIPÚ, SANTIAGO DE CHILE.

CONTEXTUALIZACIÓN

UBICACIÓN: Santiago es la capital de Chile, y se encuentra ubicado a 543 msnm, en la zona centro del país. La zona que rodea a la capital Chilena es denominada el Gran Santiago y que a su vez conforma la capital de la Región Metropolitana de Santiago(Región Gran Santiago). (Destinos, 2018).

CLIMA: Santiago de Chile posee un clima mediterráneo de altura, templado, con regulares variaciones de temperatura entre invierno y verano. Las lluvias se dan entre los meses de marzo y septiembre (otoño e invierno) y resultan muy escasas durante el verano. La temperatura media anual es de 14°C. El promedio es de 9°C en invierno. (universitaria, 2018).

DEMOGRAFIA: Según el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Santiago de Chile y su zona metropolitana ocupan el primer lugar en número de habitantes del país, contando con 7'112.808 para el año 2017. (INE, INFORME SINTESIS DE RESULTADOS CENSO 2017, 2017)

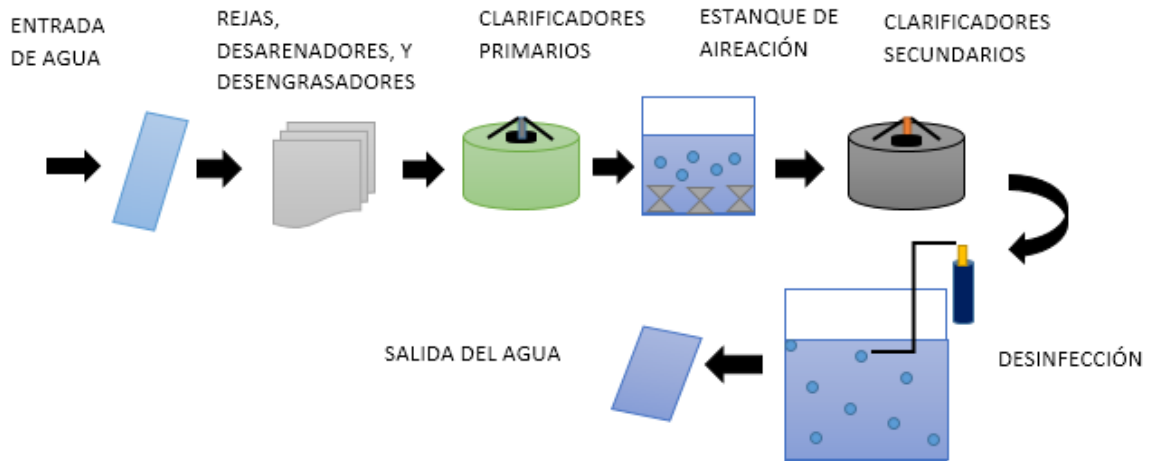


Figura 12. Tren de tratamiento planta LA FARFANA. Fuente: (Fontecilla, 2015)

Tabla 14. Parámetros de interés planta la Farfana. Fuente:(Fontecilla, 2015)

COSTO DE INVERSIÓN (US\$)	315 millones
CAUDAL (l/s)	8,8 m ³ /s (medio anual). 15,0 m ³ /s (máximo horario)
COBERTURA (hab)	3.294.000
Eficiencia eliminación DBO5 (%)	75 - 85%

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Para dar inicio al análisis y discusión del presente documento, compararon los parámetros normativos con que cuentan los países de Colombia, Brasil y Chile, para los dos últimos en páginas anteriores se describe a detalle la normativa.

En el caso de Colombia, la normativa a comprar fue la Resolución 631 del 17 de marzo 2015 (*ver anexo 1*), Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.

La comparacion se efectuo de acuerdo a los parametros expuestos de la noma Colombiana, y en este caso especifico con la tabla que describe los valores para aguas residules domesticas con una carga menor o igual a 3.000 Kg /dia DBO 5.

COMPARACIÓN PARAMETROS

Tabla 15. Comparación de Parámetros de la normativa del Recurso Hídrico de Colombia, Brasil, y Chile.

PARAMETROS	VALORES LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES		
	Colombia	Brasil	Chile
Ph	5,0 a 9,0	6,0 a 9,0.	6,0 a 8,5
Temperatura (T°)	< 40,0 °C		30°C
Demanda química de oxígeno (DBO)	150 mg/L O2		35 mg O2/L
Demanda Bioquímica de oxígeno (DQO)	70 mg/L O2	5 días a 20°C até 3 mg/L O2	5,00
Sólidos suspendidos Totales (SST)	200 mg/L		80 mg/L
Sólidos Sedimentables (SS)	5mg/L		5 mg/L
Solidos disueltos totales		500 mg/L	80 mg/L
Material Flotante	0,5 mg/L		

PARAMETROS	VALORES LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES		
	Colombia	Brasil	Chile
Grasas y aceites	50 mg/L		
Fenoles	0,2 mg/L	0,003 mg / L C ₆ H ₅ OH	
Sustancias Activas al Azul de Metileno	5 mg/L	0,5 mg / L LAS	
HIDROCARBUROS			
Hidrocarburos Totales	5 mg/L		
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	Análisis y reporte		
BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno)	Análisis y reporte	Benceno 0,005 mg/L Tolueno 0,01 µg / L Etilbenceno 90,0 µg / L Xileno 300 µg / L	
Compuestos Orgánicos Halogenados Absorbibles (AOX)	Análisis y reporte		
COMPUESTOS DE FÓSFORO			
Ortofosfatos (P-PO ₄ ³⁻)	Análisis y reporte		
Fósforo Total (P)	Análisis y reporte		10 mg/L
COMPUESTOS DE NITRÓGENO			
Nitratos (N-NO ₃ ⁻)	Análisis y reporte	10,0 mg/L N	
Nitritos (N-NO ₂ ⁻)	Análisis y reporte	1,0 mg/L N	
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)	Análisis y reporte	3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0	

PARAMETROS	VALORES LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES		
	Colombia	Brasil	Chile
		1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 mg/L N, para pH > 8,5	
Nitrógeno Total (N)	Análisis y reporte		50 mg/L
IONES			
Cianuro total (CN ⁻)	0,50 mg/L	0,005 mg/L CN	0.2 mg/L
Cloruros (CL ⁻)	Análisis y reporte	0,01 mg/L Cl	400 mg/L
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	Análisis y reporte	250 mg/L SO ₄	1000 mg/L
Sulfuros (S ²⁻)	Análisis y reporte	0,002 mg/L S	1 mg/L
METALES Y METALOIDES			
Aluminio (Al)	Análisis y reporte	0,1 mg/L Al	5 mg/L
Cadmio (Cd)	0,10 mg/L	0,001 mg/L Cd	0.01 mg/L
Cinc (Zn)	3,00 mg/L	0,18 mg/L Zn	3 mg/L
Cobre (Cu)	1,00 mg/L	0,009 mg/L Cu	1 mg/L
Cromo (Cr)	0,50 mg/L	0,05 mg/L Cr	
Hierro (Fe)	Análisis y Reporte	0,05 mg/L Co	5 mg/L
Mercurio (Hg)	0,02 mg/L	0,0002 mg/L Hg	0.001 mg/L
Níquel (Ni)	0,50 mg/L	0,025 mg/L Ni	0.2 mg/L
Plata (Ag)	Análisis y Reporte	0,01 mg/L Ag	

PARAMETROS	VALORES LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES		
	Colombia	Brasil	Chile
Plomo (Pb)	0,50 mg/L	0,01mg/L Pb	0.05 mg/L
Otros Parámetros para Análisis y Reporte			
Acidez Total	Análisis y Reporte		
Alcalinidad Total	Análisis y Reporte		
Dureza Cálctica	Análisis y Reporte		
Dureza Total	Análisis y Reporte		

Según la normativa expuesta en páginas anteriores, se evidencia que Brasil en la resolución CONAMA 357 del 2015 demuestra su gran compromiso con el medio ambiente, pues los parámetros exigidos son más extensos que la demás normativa citada en otros países. Resalta la diferencia en su clasificación y estandarización en la norma al no someter los parámetros según categoría de actividad para la producción de aguas residuales, permitiendo así que no se altere la calidad del efluente al cual se le aplica la carga de vertimiento.

En la *tabla 15*, se puede observar que Brasil y Chile no coinciden en muchos de los parámetros exigidos en la norma Colombiana, ya que cada uno de los países es autónomo a nivel gubernamental que parámetros desea medir y regular para vertimiento a sus cuerpos superficiales, ejemplo de esto lo tenemos en la medición del pH, donde Colombia aparte de tener el resultado del mismo, exige pruebas por aparte de la alcalinidad y acidez de la muestra, mientras que Brasil y Chile solo exigen el pH que contiene ambos

Chile cuenta con valores de límites máximos permisibles similares a Colombia, están especificados en miligramo litro, y varían en pequeñas cantidades algunos de los mismos.

Brasil por su parte clasifica el tipo de agua donde se va hacer el vertimiento, esto con el fin de no alterar la calidad del mismo, siendo un país con potencial turístico a nivel marítimo y considerando la ubicación de la mayoría de sus habitantes dispone de aguas dulces, salobres y

salinas de buena calidad, mientras que Colombia en su normativa clasifica parámetros y vertimiento por actividades industriales y domesticas siendo laxo en la mayoría de los valores máximos permisibles.

NÚMERO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL URBANAS NACIONALES

Tabla 16. Número de plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas a nivel nacional.

PAÍS	NÚMERO DE PLANTAS
COLOMBIA	583 Fuente: (Informe técnico sobre sistemas de agua residual en Colombia 2012)
BRASIL	2785 Fuente: (Sperling, Urban wastewater treatment in Brazil, 2016)
CHILE	290 Fuente:(Petersen, 2013).

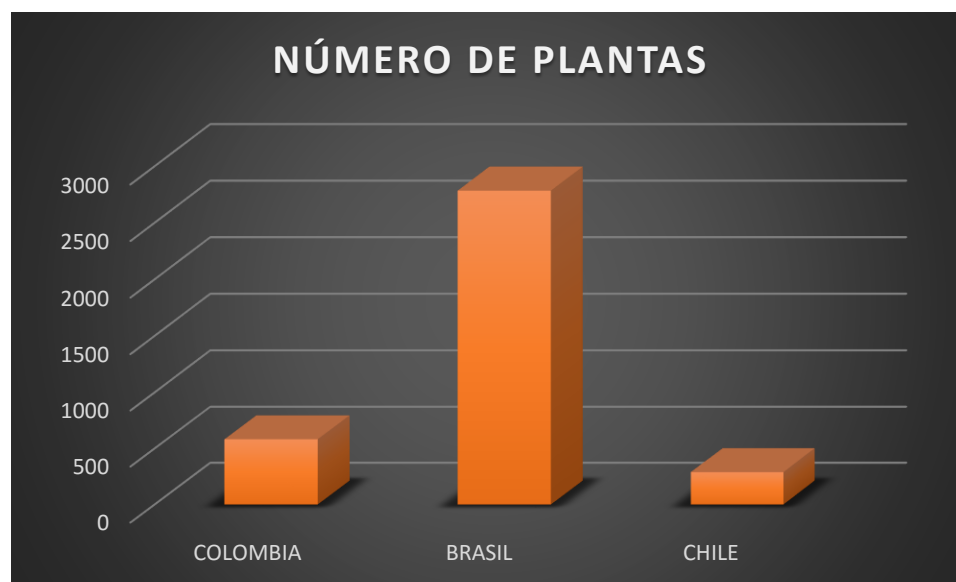


Gráfico 1. Número de plantas por país. Fuente: propia.

Para el año 2016, (censo más cercano) Brasil contaba con una tasa de natalidad de 14,16% (Sperling, Urban wastewater treatment in Brazil, 2016), siendo hasta ahora uno de los países más

poblados y grandes del mundo, ya que se posesiona como el primero en Suramérica y quinto a nivel mundial.

La tasa de natalidad en Chile para el año 2016 se posesionaba en un 13,28% según cifras reportadas en el INE, para el 2017 último Censo en el país, las cifras demográficas no han tenido un crecimiento significativo lo cual indica que la mayoría de población se sitúa como adulto mayor. (Biobiochile, 2017). En extensión territorial Chile se destaca como el país más largo del mundo, pero el más angosto al mismo tiempo, contando con territorio continental, insular y antártico, su mayor extensión en el último. (Chile U. d., 2018).

Colombia para el 2016 contaba con una tasa de natalidad de 15,20%, y para este año se estima llegar a 50 millones de habitantes según cifras del DANE, lo cual posesiona al país como uno de los más poblados de América Latina seguido de Brasil y México. (ElPais.com, 2018).

Territorialmente el país tiene una extensión de 1.141.748 km² a nivel continental, y otro tanto a nivel marítimo, contando con más de mil municipios a lo largo y ancho de su territorio. (Rosario, 2018).

Según la información anterior, la cual compone algunos de los parámetros clave que definen el saneamiento y contaminación del recurso hídrico en un país, la representación del número de plantas de tratamiento de agua residual en el *grafico 1* en los países nombrados, demuestra que Brasil lleva la delantera con 2785 plantas en más de los 5 mil municipios con que cuenta el país; teniendo en cuenta esto, Brasil se destaca ambientalmente por sus directrices de saneamiento y la calidad del recurso, como también la economía y demanda que se tiene del mismo según cifras demográficas expuestas anteriormente. Chile, se presenta como el país de menos cantidad de PTAR, esto por la poca demanda que describe su tasa de natalidad en el país, es decir su demografía se encuentra entre las más pequeñas de Suramérica lo cual se explica que por cada Comuna (municipio) se obtiene tratamiento con una sola planta, mientras que países con mayor demanda (Brasil) cuentan con plantas descentralizadas, es decir más de una planta por municipio que trata comunidades específicas.

Colombia se mantiene en el intermedio de mayor o menor número de PTAR, que con un número elevado de demografía y una economía no muy estable en crecimiento según el Producto Interno

Bruto (PIB), se tiene un déficit en construcción de plantas que provean un buen saneamiento de aguas de origen urbano.

PORCENTAJE DE COBERTURA POR MUNICIPIO A NIVEL A NIVEL NACIONAL

Tabla 17. Porcentaje por cobertura a nivel nacional.

PAIS	% TRATAMIENTO
COLOMBIA	42,7 (Informe técnico sobre sistemas de agua residual en Colombia, 2012)
BRASIL	34 (Sperling, Urban wastewater treatment in Brazil, 2016),
CHILE	68 (Petersen, 2013)

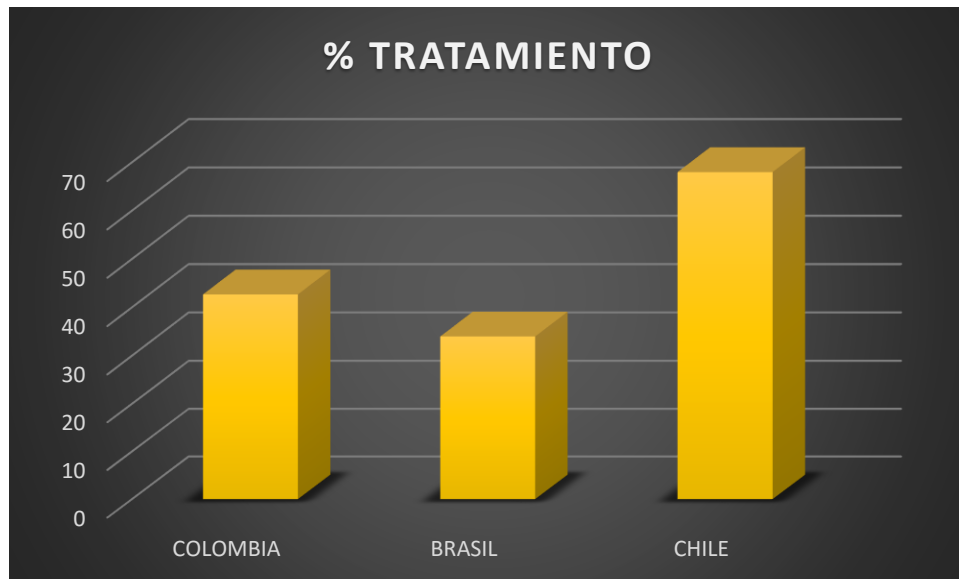


Gráfico 2. Porcentaje de cobertura a nivel municipal. Fuente: Propia.

Brasil se divide en 26 estados y un distrito federal de los cuales cuenta con 5570 municipios (Sperling, Urban wastewater treatment in Brazil, 2016), Colombia tiene un total de 1119 municipios y 32 departamentos descritos por el DANE, mientras que Chile posee 15 regiones, 54 provincias y 346 comunas hasta el último informe del 2014 (CHILE, 2018), para el porcentaje de cubrimiento a nivel nacional se tiene en cuenta el número total de municipios con que cuenta el

país y el número total de plantas que registran en los principales informes de saneamiento, conjunto a esto se saca el porcentaje indicado en la *tabla 17*.

Según lo anterior en el *gráfico 2* se expresa a Chile como el país con el mayor porcentaje de cubrimiento, ya que el número de plantas con que cuentan las comunas cubren más de un 60 % del territorio nacional. Dicho país cuenta con características específicas para que la demanda del recurso hídrico y su saneamiento sea más efectivo en temas de cubrimiento, como lo son la baja demografía, menor número de municipios, y localización de asentamiento, ya que la mayoría del territorio se ubica en Chile continental, parte con menos extensión del País.

Siguiente a esto Colombia cubre para el 2012 más de un 40 % del territorio en plantas de tratamiento de agua residual, una cifra relativamente baja en comparación con el país anterior.

Temas de corrupción, poca inversión al Saneamiento Ambiental y deficientes construcciones de las plantas existentes hacen a Colombia un país que vierte su mayoría de aguas residuales urbanas a sus ríos, lagos y mares sin ningún tipo de tratamiento.

Brasil tiene el porcentaje menor de cubrimiento, pues a pesar de que sus leyes son bastante rigurosas, para el 2016 Brasil solo contaba con un 34%, siendo un país con gran economía, pero que al mismo tiempo la cantidad de habitantes y municipios desfavorece la demanda del líquido preciado que posee dicho país, pues las plantas ubicadas en los municipios no cubren la cantidad de los mismos, siendo estas en su mayoría sistemas descentralizados.

COBERTURA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO EN PORCENTAJE TOTAL DE LA POBLACIÓN

Tabla 18. Porcentaje de cobertura por número de habitantes. Fuente: (Lentini, 2015)

PAIS	% COBERTURA POR POBLACIÓN
BRASIL	56,5
COLOMBIA	82,2
CHILE	96,7

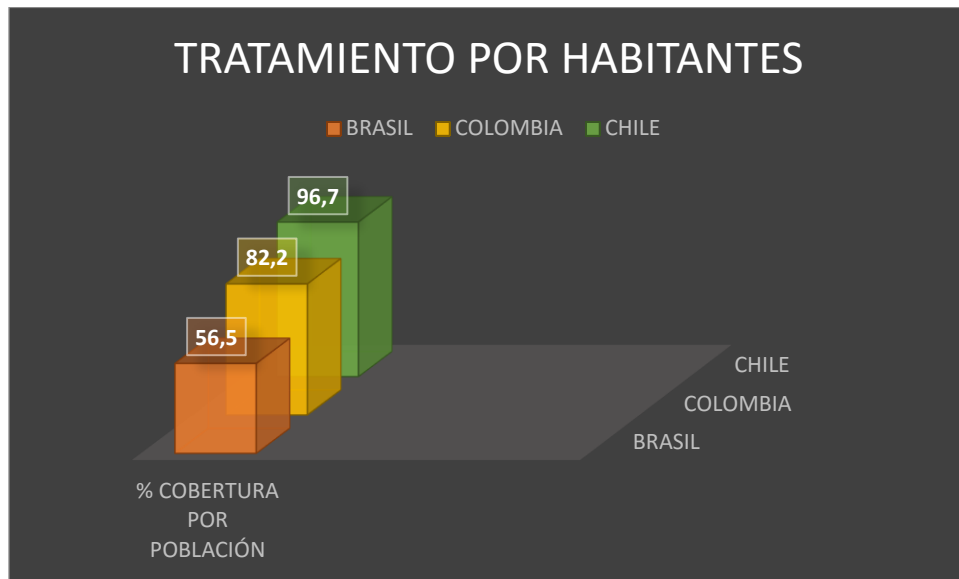


Gráfico 3. Porcentaje de cobertura por número de habitantes.

A nivel de porcentaje de cubrimiento en población, Chile alcanza la mayor puntuación con 96,7% cubriendo casi el 100% de sus habitantes en saneamiento de aguas urbanas, teniendo en cuenta que su demografía es relativamente baja en comparación a demás países latinoamericanos, y una economía estable hacen a Chile el país con mejor cobertura en saneamiento Ambiental.

En el caso de Brasil el *grafico 3* nos muestra con baja cobertura por habitante, pues su cubrimiento debe de superar sus más de 200 millones de habitantes con que cuenta el mismo.

Problemáticas es estos países sobre la demanda demográfica hacen que las plantas construidas estén sub dimensionadas, es decir sus dimensiones no alcanzan a tratar el caudal que producen tal número de habitantes.

Colombia sigue siendo el intermedio de los porcentajes, sin embargo es evidente la contaminación que sufren los ríos, mares y lagos, sin embargo las cifras explican que la mayoría de su población se concentra en las ciudades principales, porque según el DANE la demografía tiende a disminuir en municipios pequeños y en el campo.

PORCENTAJE DE TECNOLOGÍAS MAS USADAS POR NÚMEROS DE PTAR

Tabla 19. Porcentaje de tecnologías más usadas comúnmente entre los países.

TECNOLOGIAS	COLOMBIA¹	BRASIL²	CHILE³
LODOS ACTIVADOS	26%	11,10%	9,41%
UASB	17%	11,3%	
LAGUNAS FACULTATIVAS	38%	7,86%	1,14%
LAGUNAS DE AIREACIÓN	5,1%	5,3%	13,2%

¹. (Adalberto Noyola Robles, Leonor Patricia Güereca Hernández, Juan Manuel Morgan Sagastume, Flor Hernández Padilla, Alejandro Padilla Rivera, Chantal Carius, Margarita Cisneros, Elena Villalba., 2013).

². (Sperling, Urban wastewater treatment in Brazil, 2016)

³. (Petersen, 2013)

Para el porcentaje de tecnologías mas usadas en los países analizados, la información que se encontró de Brasil y Chile corresponde a informes técnicos sobre el estado de tratamiento de aguas residuales de origen urbano analizados a nivel nacional en cada país.

En el caso de Colombia los informes técnicos para este tema no revelan de manera clara el porcentaje de tecnologías mas usadas, por lo que estas cifras se sacaron de un documento el cual describe las tecnologías mas usadas para Latinoamérica incluyendo nuestro país¹.

La *tabla 19* describe 4 tipos de tecnologías comunes entre los países citados, fueron escogidas porque dichas tecnologías representan sistemas de comun uso entre los mismos.

La representación en porcentaje de tecnologías en Brasil es bastante bajo, esto se debe a que dicho país utiliza combinación de tecnologías a la hora de tratar sus aguas residuales urbanas, con el fin de lograr mayor porcentaje de remoción en sus procesos, debido a que la normativa de vertimientos es bastante exigente en la calidad de efluentes. Su mayor tipo de tratamiento son las lagunas facultativas + lagunas anaerobias con un número de 344 de 2187 plantas analizadas

(Sperling, Urban wastewater treatment in Brazil, 2016), mientras que según la tabla 19 los lodos activados aparece como tecnología (sin combinación) más usada con un 11,10%.

Teniendo en cuenta que más del 80% de los habitantes de Brasil se ubican en zonas costeras, las lagunas de toda índole y su combinación entre ellas son tratamientos usuales en este país, ya que estas necesitan de terrenos con amplias áreas en condición plana, algunas tecnologías anaerobias como el Reactor UASB y las mismas lagunas anaerobias tienen mayor porcentaje de eficacia en climas tropicales y subtropicales, con eficiencias de reducción de DQO y DBO mayores de 75 % a T de 25°C (Torres, 2012).

Para Chile los lodos activados son la tecnología con mayor uso según tabla 19, aunque en los informes analizados el número mayor lo tienen los emisarios submarinos, esto por la larga franja costera de más de 8 mil kilómetros en donde se ubica el país.

A diferencia de Colombia y Brasil, Chile cuenta con un clima más desfavorable a la hora de llegar a la implementación de tecnologías que suplan el porcentaje de remoción exigido, pues cuenta con estaciones climáticas que hacen menor el rendimiento de procesos aerobios o anaerobios correspondientemente, teniendo en cuenta que en estudios recientes la tecnología de Lodos activados ha tenido buen auge (Torres, 2012).

Colombia cuenta con un porcentaje considerable de Lagunas Facultativas, siendo estas eficaces en tratamiento de aguas residuales de origen urbano en departamentos con terrenos planos y climas favorables para dichas tecnologías, ejemplo de esto las PTARs construidas en zonas del Valle del Cauca, donde muchas de sus vertientes desembocan al río Cauca.

Por otra parte, el País cuenta con zonas montañosas, es decir regiones que se ubican en las principales cordilleras que atraviesan a Colombia de norte a sur, donde las tecnologías de lodos activados y reactores son más viables en temas de áreas de construcción y clima, teniendo en cuenta que la misma topografía hace que estas deban ser descentralizadas y así evitar costos adicionales de energía.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS TECNOLOGÍAS MÁS USADAS

Tabla 20. Ventajas y desventajas de tecnologías más usadas comúnmente entre los países. Fuente: ². (udlap, 2018) ³. (Cano., 2018).

TECNOLOGÍA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Lodos Activados ³	<p>Altas eficiencias de remoción 85% - 95% sólidos en suspensión y microorganismos 98% - 99,5%.</p> <p>Lodos parcialmente estabilizados.</p> <p>Efluente parcialmente nitrificado. ³</p> <p>Fácil de estabilizar durante arranque.</p> <p>Menor requerimiento de terreno. ³</p>	<p>Altos costos por obra civil y equipamiento.</p> <p>Alto costo de operación y mantenimiento.</p> <p>Mayor capacitación para operadores.</p> <p>Requiere un área de depósito para lodos residuales. ³</p>
Sistemas de Lagunas de estabilización. ³	<p>Bajo costo por obra civil.</p> <p>Bajo costo de operación y mantenimiento.</p> <p>Capacitación nula de operadores. ³</p>	<p>Requiere grandes extensiones de terreno.</p> <p>Puede despedir olores indeseables.</p> <p>Necesita de sol y temperaturas constantes para tener un mejor desempeño. ³</p>
	<p>Elevada capacidad de tratamiento.</p> <p>Bajo tiempo hidráulico de residencia.</p>	<p>Proceso de granulación delicado.</p> <p>Puesta en marcha puede requerir lodo granular.</p>

<p>Reactor UASB²</p>	<p>Alta eficacia de eliminación de DQO.</p> <p>Bajo requerimiento energético.</p> <p>No necesita soporte.</p> <p>Fácil construcción</p> <p>²</p>	<p>Útil para aguas con pocos sólidos suspendidos.</p> <p>Excesivas cantidades de calcio inhiben la granulación.</p> <p>²</p>
---------------------------------	---	---

². (udlap, 2018) ². (Cano., 2018)

COSTOS

Tabla 21. Costos de operación e inversión de las tecnologías más usada entre países. Fuente: (Torres, 2012)

PROCESOS	COSTO DE INVERSIÓN	COSTO DE OPERACIÓN
	US\$ habitante	US\$/año/habitante
Lodos Activados	80 a 100	4 a 5
Sistema de Lagunas tradicionales	20 a 40	0,2 a 0,4
Reactores UASB	20 a 40	1 a 1.5
Filtro Anaerobio	10 a 25	0,8 a 1

REQUERIMIENTO DE AREAS

Las lagunas son tecnologías que requieren grandes hectáreas de terreno plano para su construcción, mientras que los reactores y el sistema de lodo activado no requieren extensos terrenos.

El sistema de lodos activados aparte de su construcción demanda un espacio adicional para recolectar el lodo residual proveniente del proceso.

CONCLUSIONES

- Según la revisión de tema expuesta anteriormente la tecnología más usada en Colombia son las lagunas facultativas, con características de construcción en terrenos planos y de grandes dimensiones, pero teniendo en cuenta que la ciudad de Manizales posee una topografía montañosa, la tecnología a usar no debe exigir este tipo de características. También se debe de estudiar que el tipo de planta sea descentralizada, así se evitarían gastos energéticos en la recolección de las aguas a tratar.
- Por su clima y temperaturas durante la mayor parte del año, la construcción de la planta en la ciudad de Manizales debería hacerse con una tecnología aerobia, ya que Los sistemas anaerobios aplicados al tratamiento de ARU han encontrado una amplia aplicación en las regiones de clima tropical y subtropical, donde la temperatura es siempre mayor de 20 °C y su eficiencia es mucho mayor que en climas con temperaturas más bajas.
- La tecnología de lodos activados sería una gran alternativa de tratamiento en este tipo de ciudad, por su ubicación, topografía, y clima; ya que esta han dado muy buen resultado a nivel internacional, ejemplo de lo anterior el país de Chile es una de las tecnologías con mayor auge en regiones con características similares a Manizales.
- Colombia es un país que no cuenta con el suficiente saneamiento de sus aguas residuales de origen urbano, su normativa se convierte laxa en comparación a otros países suramericanos como lo es Brasil.
- Chile es el país con mejor desempeño en aras de saneamiento, ya que sus características demográficas favorecen las cifras de producción de agua residuales urbanas y su correspondiente tratamiento.

ANEXOS

NORMATIVA COLOMBIANA SOBRE VERTIMIENTOS EN CUERPOS DE AGUA SUPERFICIALES

RESOLUCIÓN 631 DEL 17 DE MARZO 2015

Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.

PARÁMETRO	UNIDADES	AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS – ARD Y DE LAS AGUAS RESIDUALES (ARD – ARnD) DE LOS PRESTADORES DEL SERVICIO PÚBLICO DE ALCANTARILLADO A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES CON UNA CARGA MENOR O IGUAL A 3.000,00 KG/ día DBO5
Generales		
pH	Unidades de pH	6,00 a 9,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O2	150,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L O2	70,00
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	mg/L	70,00
Sólidos Sedimentables (SSED)	mL/L	5,00
Grasas y Aceites	mg/L	10,00

PARÁMETRO	UNIDADES	AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS – ARD Y DE LAS AGUAS RESIDUALES (ARD – ARnD) DE LOS PRESTADORES DEL SERVICIO PÚBLICO DE ALCANTARILLADO A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES CON UNA CARGA MENOR O IGUAL A 3.000,00 KG/ día DBO5
Compuestos Semivolátiles de Fenólicos	mg/L	Análisis y Reporte
Fenoles Totales	mg/L	Análisis y Reporte
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	Análisis y Reporte
Hidrocarburos		
Hidrocarburos Totales (HTP)	mg/L	Análisis y Reporte
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	mg/L	Análisis y Reporte
BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno)	mg/L	Análisis y Reporte
Compuestos Orgánicos Halogenados Absorbibles (AOX)	mg/L	Análisis y Reporte
Compuestos de Fósforo		
Ortofosfatos (P-PO43-)	mg/L	Análisis y Reporte
Fósforo Total (P)	mg/L	Análisis y Reporte
Compuestos de Nitrógeno		
Nitratos (N-NO3-)	mg/L	Análisis y Reporte
Nitritos (N-NO2-)	mg/L	Análisis y Reporte

PARÁMETRO	UNIDADES	AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS – ARD Y DE LAS AGUAS RESIDUALES (ARD – ARnD) DE LOS PRESTADORES DEL SERVICIO PÚBLICO DE ALCANTARILLADO A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES CON UNA CARGA MENOR O IGUAL A 3.000,00 KG/ día DBO5
Nitrógeno Amoniacal (N-NH3)	mg/L	Análisis y Reporte
Nitrógeno Total (N)	mg/L	Análisis y Reporte
Iones		
Cianuro total (CN-)	mg/L	0,50
Cloruros (CL-)	mg/L	Análisis y Reporte
Sulfatos (SO42-)	mg/L	Análisis y Reporte
Sulfuros (S2-)	mg/L	Análisis y Reporte
Metales y Metaloides		
Aluminio (Al)	mg/L	Análisis y Reporte
Cadmio (Cd)	mg/L	0,10
Cinc (Zn)	mg/L	3,00
Cobre (Cu)	mg/L	1,00
Cromo (Cr)	mg/L	0,50
Hierro (Fe)	mg/L	Análisis y Reporte

PARÁMETRO	UNIDADES	AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS – ARD Y DE LAS AGUAS RESIDUALES (ARD – ARnD) DE LOS PRESTADORES DEL SERVICIO PÚBLICO DE ALCANTARILLADO A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES CON UNA CARGA MENOR O IGUAL A 3.000,00 KG/ día DBO5
Mercurio (Hg)	mg/L	0,02
Níquel (Ni)	mg/L	0,50
Plata (Ag)	mg/L	Análisis y Reporte
Plomo (Pb)	mg/L	0,50
Otros Parámetros para Análisis y Reporte		
Acidez Total	mg/L CaCO3	Análisis y Reporte
Alcalinidad Total	mg/L CaCO3	Análisis y Reporte
Dureza Cálctica	mg/L CaCO3	Análisis y Reporte
Dureza Total	mg/L CaCO3	Análisis y Reporte
Color Real (Medidas de absorbancia a las siguientes longitudes de onda: 436 nm, 525 nm y 620 nm)	m-1	Análisis y Reporte

BIBLIOGRAFIA

1. Adalberto Noyola Robles, Leonor Patricia Güereca Hernández, Juan Manuel Morgan Sagastume, Flor Hernández Padilla, Alejandro Padilla Rivera, Chantal Carius, Margarita Cisneros, Elena Villalba. (2013). *WATER AND SANITATION: LAC CITIES ADAPTING TO CLIMATE CHANGE BY MAKING BETTER USE OF THEIR AVAILABLE BIOENERGY RESOURCES*. Ciudad Universitaria, Ciudad de México: Instituto de Ingeniería UNAM.
2. Biobiochile. (3 de Julio de 2017). *Censo 2017 region Biobio*. Obtenido de www.biobiochile.cl
3. Cano., C. (17 de Julio de 2018). *Eco Fluidos Ingenieros*. Obtenido de <http://www.sedapal.com.pe:93/provma/charlas16/ECOFLUIDOS.pdf>
4. Chile, B. d. (18 de Junio de 2018). *CHILE NUESTRO PAIS*. Obtenido de https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/index_html
5. CHILE, F. I. (7 de Julio de 2018). *Sociedad*. Obtenido de <https://www.thisischile.cl/sociedad/organizacion-territorial/>
6. Chile, U. d. (5 de Julio de 2018). *PRESENTACIÓN TERRITORIAL*. Obtenido de <http://www.uchile.cl/portal/presentacion/la-u-y-chile/acerca-de-chile/8035/presentacion-territorial>
7. CLIMATE-DATA.ORG. (2 de Julio de 2018). *Clima Itabira*. Obtenido de <https://pt.climate-data.org/location/25051/>
8. COLOMBIA, P. D. (26 de Mayo de 2015). *Alcaldía Mayor de Bogotá*. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=62512>
9. Concepción, G. P. (3 de julio de 2018). *Ubicación Geografica*. Obtenido de <http://www.gobernacionconcepcion.gov.cl/geografia/>
10. desarrollo, S. A. (s.f.). *MANUAL DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES URBANAS*. Ideasmares.

11. Destinos, L. m. (3 de Julio de 2018). *UBICACIÓN GEOGRAFIA SANTIAGO DE CHILE*.
Obtenido de <http://www.losmejoresdestinos.com>
12. EDUARDO PACHECO JORDÃO, Dr.Eng. ANA SILVIA SANTOS, D.Sc. (2010). *ANEXO 6.1. RESULTADO BRASIL*. México CMX: Universidad Autonoma de Mexico.
13. EDUARDO PACHECO JORDÃO, Dr.Eng. ANA SILVIA SANTOS, D.Sc. (2010). División Política y los Aspectos Generales. *PROYECTO IDRC-UNAM 105701-001*, 28.
14. ElPais.com. (5 de Julio de 2018). Colombia tendría 50 millones de ciudadanos en 2018. Cali, Valle del Cauca, Colombia.
15. Ercilia Vásquez, Vanesa Mennechey, Luis Nascimento. (18 de junio de 2018). *LA EDUCACIÓN EN BRASIL*. Obtenido de http://w2.ucab.edu.ve/tl_files/escueladeeducacion/edumun/educacion_brasil.pdf
16. EstudioyRegión. (2 de Julio de 2018). *Ubicacion Itabira Mina Gerais Brasil*. Obtenido de <http://www.achetudoeregiao.com.br/>
17. Fontecilla, S. D. (30 de Junio de 2015). *PARQUE DEL AGUA*. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/132339>
18. Francisco González , Constanza Herrera, Gabriela Morales, Silvana Pesante. (s.f.). *Visita Planta de Tratamiento Aguas*. Chile: Centro de Ciencias Ambientales EULA.
19. INE. (2017). *INFORME SINTESIS DE RESULTADOS CENSO 2017*. Chile: Instituto Nacional de Estadísticas.
20. INE. (3 de Julio de 2018). *INFORME CENSO 2017*. Obtenido de <http://www.censo2017.cl/descargas/home/sintesis-de-resultados-censo2017.pdf>
21. INMET. (2 de Julio de 2018). *METEOROLOGIA BRASIL*. Obtenido de <http://www.inmet.gov.br/portal/>
22. Inzunza, J. (7 de Julio de 2018). *Climas de la Tierra*. Obtenido de http://nimbus.com.uy/weather/Cursos/Curso_2006/Textos%20complementarios/Meteorologia%20descriptiva_Inzunza/cap14_Inzunza_Climas%20de%20la%20tierra.pdf

23. Jenny Milena LizarazoBecerra, Martha Isabel Orjuela Gutiérrez. (2013). *SISTEMAS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN COLOMBIA*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
24. Lentini, E. (2015). *EL FUTURO DE LOS SERVICIOS DE AGUA Y SANEAMIENTO EN AMÉRICA LATINA*. blogs.iadb.org/agua.
25. MERCOCIUDADES. (1 de Julio de 2018). *Unidad Temática de Desarrollo Económico Local – Red Mercociudades - Perfil de las Economías Locales 2011*. Obtenido de http://www.mercociudades.org/sites/portal.mercociudades.net/files/Belo_Horizonte_ESP.pdf
26. meters, C. (18 de Junio de 2018). *POBLACIÓN BRASIL*. Obtenido de <http://countrymeters.info/es/Brazil>
27. Navarra, G. d. (7 de Julio de 2018). *Meteorología y climatología de Navarra*. Obtenido de <http://meteo.navarra.es/definiciones/koppen.cfm>
28. OMS. (2017). *Agua, saneamiento e higiene*. Obtenido de http://www.who.int/water_sanitation_health/sanitation-waste/es/
29. Petersen, M. O. (2013). *ESTUDIO Y ANALISIS TECNICO-ECONOMICO DE PLANTA DE AGUAS RESIDUALES*. Concepción Chile: red de bibliotecas - chile.
30. Populationcity. (2 de Julio de 2018). *BELO HORIZONTE POBLACIÓN*. Obtenido de <http://poblacion.population.city/brasil/belo-horizonte/>
31. Rosario, U. d. (5 de Julio de 2018). *CMUDE Colombia 2015*. Obtenido de <http://www.urosario.edu.co/CMUDE2015/Sedes/faqs/>
32. Sperling, M. v. (2012). *CASO DE ESTUDIO 6: CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN SOBRE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES*. Minas Gerais - Brasil: Universidade Federal de Minas Gerais.
33. Sperling, M. v. (2016). *Urban wastewater treatment in Brazil*. Minas Gerais Brazil: TECHNICAL NOTE N° IDB-TN-970.

34. Torres, P. (2012). PERSPECTIVAS DEL TRATAMIENTO ANAEROBIO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN PAÍSES EN DESARROLLO. *Revista EIA*, 6.
35. udlap, C. (17 de Julio de 2018). *FUNDAMENTOS DEL TRATAMIENTO BIOLÓGICO*.
Obtenido de
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/munoz_c_r/capitulo2.pdf
36. UNESCO. (2017). *AGUAS RESIDUALES EL RECURSO DESAPROVECHADO*. Paris: place de Fontenoy, 75352 París 07 SP, Francia.
37. universitaria, R. L. (3 de Julio de 2018). *INFORMACIÓN GENERAL DE SANTIAGO DE CHILE*.
Obtenido de
http://www.rlcu.org.ar/recursos/A_0000049_003_Informacion%20general%20de%20Santiago.pdf
38. (2016). *URBAN WASTEWATER TREATMENT IN BRAZIL*. Mina Gerais Brazil: Marcos von Sperling.
39. Resolución CONAMA N° 357 de 2005. NORMATIVA FEDERAL BRASIL Recuperada de:
<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>
40. Decreto Supremo 90 del 2001. MINISTERIO DE SECRETARIA DE GOBERNACION CHILE.
Recuperado de:
http://www.dga.cl/administracionrecursoshidricos/Documents/DTO_90_07_MAR_2001.pdf.
41. Decreto 1076 del 2015. PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA COLOMBIANA. Recuperado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=62511>.
42. Decreto 1077 del 2017. PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA COLOMBIANA. Recuperado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=62512>.
43. Ley 99 de 1993. CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA. Recuperado de: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=297>.
44. Decreto 1287 del 2014. MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Recuperado de: <http://www.minvivienda.gov.co/Decretos%20Vivienda/1287%20-%202014.pdf>.
45. Resolución 330 RAS 2017. VICEMINISTERIO DE AGUA Y SANEAMIENTO BÁSICO. Recuperado de: <http://www.minvivienda.gov.co/GuiasRAS/RAS%20-%202009.pdf>.

