



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“USO DE LAS SEMILLAS DE *Moringa oleífera* Lam. COMO
COAGULANTE
PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA
INDUSTRIA TEXTIL”

Trabajo de Investigación para optar el grado de:
BACHILLER EN INGENIERÍA AMBIENTAL

Presentado por:

Gabriela Joana De La Sota Terrel

Asesor:

Ing. Percy Iribarren Ibañez

Lima – Perú

2019



RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N°107-2020-DACIA-DAFCA-U.CIENTÍFICA.

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Lima 24 de junio de 2020

VISTO:

La revisión realizada y la aprobación de Trabajo de Investigación titulado: **Uso de las semillas de *Moringa oleifera* Lam. como coagulante para el tratamiento de aguas residuales de la industria textil**, presentado por:

- De La Sota Terrel Gabriela Joana

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el grado de Bachiller de **Ingeniería Ambiental** en la **Facultad de Ciencias Ambientales**, se debe desarrollar un trabajo de investigación.


Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera.

SE RESUELVE:

Aprobar e inscribir el trabajo de investigación titulado: **Uso de las semillas de *Moringa oleifera* Lam. como coagulante para el tratamiento de aguas residuales de la industria textil** con N° de registro de la carrera: **055-FCA-IAM**.

Nombrar al docente/colaborador **Percy Andrés Iribarren Ibáñez** como asesor de dicho trabajo de investigación.

Regístrese, comuníquese y archívese.


Documento firmado digitalmente
Mg. Gonzalo Francisco Flores Roca
Director Académico
Carrera de Ingeniería Ambiental

**USO DE LAS SEMILLAS DE *Moringa oleífera* Lam. COMO
COAGULANTE PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA
INDUSTRIA TEXTIL**

Gabriela Joana De La Sota Terrel & Percy Irribarren Ibañez

180000082@ucientifica.edu.pe

RESUMEN

El reto de minimizar el consumo de agua en las diferentes industrias y en especial la industria textil ha generado grandes desafíos para el futuro y una búsqueda constante de alternativas que permita una gestión eficaz de los recursos hídricos. En el Perú existen 17 industrias textiles y la mayoría no tratan las aguas residuales, asimismo existen 50 Empresas Prestadoras de Servicios (EPS) que usan sustancias químicas o metálicas en el proceso de tratamiento, lo que genera altos costo y subproductos; por el cual se evalúa otras alternativas de tratamiento de bajo costo, alta biodegradabilidad y sean eficientes en la remoción de contaminantes de origen textil. La *Moringa oleífera* y sus múltiples usos así como la adaptabilidad a cualquier condición climática hacen de esta alternativa prometedor; debido al bajo costo y alta eficiencia en la remoción de sustancias orgánicas, metales pesados, colorantes y tintes; por el cual se realizó una revisión bibliográfica del uso de las semillas de *Moringa oleífera* en proceso de tratamiento de efluentes de la industria textil.

Palabras clave: Aguas residuales industriales, industria textil, *Moringa oleífera* Lam.

ABSTRACT

The challenge of minimizing water consumption in the different industries and especially the textile industry has generated great challenges for the future and a constant search for alternatives that allow effective management of water resources. In Peru, there are 17

textile industries and most do not treat wastewater. There are also 50 Service Provider Companies (EPS) that use chemical or metallic substances in the treatment process, which generates high costs and by-products; by which other low-cost, high biodegradability treatment alternatives are evaluated and are efficient in removing contaminants of textile origin. *Moringa oleifera* and its many uses as well as its adaptability to any climatic condition make this alternative promising; due to the low cost and high efficiency in the removal of organic substances, heavy metals, dyes and dyes; for which a bibliographic review of the use of *Moringa oleifera* seeds in the effluent treatment process of the textile industry was carried out.

Keywords: Industrial wastewater, textile industry, *Moringa oleifera* Lam.

1. INTRODUCCIÓN

De los 700 millones de personas a nivel mundial, 2 800 millones viven en un elevado nivel de estrés hídrico, donde el incremento del consumo de agua es un 85% (Banco Mundial – BM, 2014). La alta densidad de la población y la eliminación de residuos están afectando la calidad de las fuentes de agua dulce disponible; los usuarios de los asentamientos humanos, las industrias, la agricultura, la producción de energía y el mantenimiento de los ecosistemas amerita un sistema de gestión de los recursos hídricos que sean sostenibles, prácticos, minimicen los subproductos y garanticen la calidad del agua (Programa de Evaluación de los Recursos Hídricos -WWAP, 2016).

De la superficie de la tierra el 70% es agua, del cual el 2.5% es agua dulce (Organización Meteorológica Mundial - OMM, 2018). En la actualidad los ríos de América Latina, África y Asia, están siendo contaminados desde los años 90 es por ello que a nivel mundial, nos enfrentamos a un desafío más frecuente como son las altas cargas de patógenos, nutrientes y sustancias químicas en las aguas residuales (WWAP, 2018). Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y Organización Mundial de la

Salud (OMS) (2010) determinó que el consumo del agua para beber, cocinar, higiene, limpieza del hogar debe ser 50 a 100 L/hab-día para satisfacer las necesidades básicas; a nivel mundial se extrae para el consumo 3 600 km³ de agua dulce que sería unos 1 600 l/hab-día, de esta cantidad se pierde un porcentaje del recurso por evaporación o infiltración y en algunos casos retorna a algún cauce; la otra mitad tiene una distribución del 65% para agricultura, 25% para industria y solo el 10% para el consumo doméstico (ONU, 2010).

United Nations Children's Fund - UNICEF en el 2015 reportó que 2 500 millones de personas en países subdesarrollados no cuentan con un sistema adecuado de saneamiento, mientras que 780 millones de personas siguen consumiendo de fuentes no aptas. La composición de estas efluentes es de 99% a 99.5% es líquido y 1% de sólidos (WWDR, 2017); además puede contener energía, nutrientes y otros minerales (Meda, Lensch, Schaum y Cornel, 2012). El 80% de estas aguas residuales retornan a los ecosistemas o son reutilizadas sin ser tratadas (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization -UNESCO, 2017). Asimismo se pronostica que en los próximos años el crecimiento de la demanda del agua producto del crecimiento poblacional y la inadecuada disposición de residuos reducirá la disponibilidad del recurso (UNICEF, 2017). La creciente demanda generaría en el año 2050 para la industria manufacturera un incremento en el consumo de agua en un 400%, el sistema de tratamiento de las aguas residuales es clave para el saneamiento ambiental (WWAP, 2016).

La información de AQUASTAT de Food and Agriculture Organization (FAO) el 56% de agua se utiliza para la agricultura en cultivos irrigados, liberando efluentes municipales e industriales al medio ambiente, así como también el agua de drenaje agrícola (WWDR, 2017). La FAO menciona que deberíamos tener en cuenta que lo más probable es que los suministros generales de tierra y agua sean suficientes para alcanzar los objetivos de

producción mundial de alimentos en 2050; sí seguimos el ejemplo de Durban (Sudáfrica) que ha considerado a Veolia un evento trascendental para enfrentar el cambio climático, ya que cuenta con 36 millones de personas que se conecta a un sistema de agua residual, cuentan con 3.303 plantas de tratamiento donde pueden reciclar 317 500 000 m³ de agua residual reciclando un total del 98% de sus aguas (FAO, 2015). Debido a estos desafíos muchas industrias están optando por el uso de tecnologías de conservación del recurso y reducir la contaminación del agua. En la industria textil una novedosa tecnología es (PETWCPC) con tres indicadores: reducción de extracción de agua, reducción del consumo de agua y reducción de la asimilación de agua (Chen, Wang, Wu y Ding, 2017).

En el Perú 2.7 millones de personas y alrededor de 700 mil en Lima no tienen servicios de agua (SUNASS, 2014), la cobertura nominal de PTAR en el sector urbano se sitúa alrededor del 70%, brindado por 50 Entidades Prestadoras de Servicios de saneamiento (EPS), incluyendo Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL) en el 2019. Las EPS se rigen Decreto Supremo - D.S. 09-95, para su funcionamiento; la población que no recibe el servicio descarga directamente los efluentes al cuerpo lótico y léptico, en algunas partes del país las utilizan para el riego de cultivos (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA, 2014).

De acuerdo al ente regulador en la costa peruana se tiene un 82% de PTAR en funcionamiento (SUNASS, 2015). Los datos estadísticos son consignados por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Organización Panamericana de la Salud (CEPIS/OPS), menciona que en el Perú se generan 22 m³/s de aguas residuales que corresponden a 2 600 ciudades que tienen empresas de agua potable y alcantarillado, y solo 60 ciudades tratan antes de verterlas (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento - SUNASS, 2004).

En Lima se vierten 1.036 800 millones de m³/día produciendo una carga orgánica de 867.500 ton/año de demanda química de oxígeno (DBO), seguido de Chimbote que vierte 14.688 m³/día 1.900 ton/año de DBO (SUNASS, 2004). Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática en el 2018 la industria textil generó una producción manufacturera del 10,8% que representó el 1.0% del PBI nacional; este sector genera alta contaminación al ambiente, ya que en su sistema de producción utilizan grandes cantidades de agua dependientemente de los procesos y los equipos que utilizan. En el proceso de teñido con colorante se emplea de 100 a 150 de litros/kg de colorante y en la tinción de 125 a 170 litros/kg de producto (EPA, 1997). según el Anuario de Estadísticas del Medio Ambiente de China (2015) la industria textilera que tiene una producción del 65% a nivel mundial es China y descargan 2.5 billones de litros de efluentes en sus ríos, aproximadamente con 200 000 ton/año de tintes. En el 2015 se produjeron aproximadamente 1.84 mil millones de toneladas métricas de agua residual teñida en China y el otro segundo mayor productor a nivel mundial es India (Ramesh y Mekala, 2018).

En la región latinoamericana el 70% de sus efluentes industriales no son tratadas (WWDR, 2017). La industria textil descargan a través de sus efluentes cantidades significativas de tensoactivos, sustancias químicas complejas, sales orgánicas, sólidos totales disueltos, aditivos, agentes suavizantes y oxidantes entre otros (Choy *et al.*, 2016; Al-Gheethi *et al.*, 2016; Freitas *et al.*, 2018); lo que finalmente resulta en altas cargas de turbidez, color, demanda química de oxígeno (DQO), sólidos disueltos, coloides, metales y materia orgánica en el cuerpo receptor (Matouq *et al.*, 2015; Al-Gheethi *et al.*, 2017; Lafi, Gzara, Lajimi y Hafiane, 2018; Villaseñor-Basulto, Astudillo-Sanchez, Del Real-Oliver y Bandala, 2018). Esto produce impactos negativos al ambiente como la pérdida de la productividad agrícola (Bedekar, Bhalkar, Patil y Covulación, 2016), actividades

reducidas de fotosíntesis, impacto en la salud humana, bajos niveles de oxígeno e impacto en la flora y fauna (Dos Santos *et al.*, 2018; Freitas *et al.*, 2018); Además, los sistemas de tratamiento tienen un principal problema con los efluentes de la industria textil que es la producción excesiva de color y turbiedad (SUNASS, 2004)

Por lo tanto, diferentes investigaciones internacionales han aportado posibles soluciones para erradicar problemas ambientales empleando diversos métodos integrados que incluyen tratamientos físicos, químicos, biológicos y de oxidación física, para tratar los efluentes industriales en la fase primaria y secundaria. Un estudio de remoción de color, DQO y turbidez de efluentes residuales textiles mediante el proceso de Fenton a pH 3, dio como resultado alta eficiencia en remoción de DBO, turbidez y color (Hayat *et al.*, 2015). Por otro lado, tenemos estudios biológicos Paz, Carballo, Pérez y Dominguez, (2017) empleando el *Bacillus aryabhatai* para degradar 3 tintes comerciales, concluyendo que pueden lograr una reducción de DQO al 42%, en tratamiento de efluentes un 50% y para lodos semilíquidos un 14%, esta aplicación puede ser empleada como biorremediación para efluentes de industrias textiles.

En un estudio se realizó una revisión sobre el *Eichhornia crassipes* porque, tiene la capacidad de remoción de contaminantes presentes de las aguas residuales textiles; ejemplo, compuestos de tintes y metales pesados como hierro, zinc, cadmio, cromo, cobre, mercurio, manganeso y arsénico de soluciones acuosas (Sanmuga Priya y Senthamil Salvan, 2017). En busca de la eficiencia en las industrias textiles un investigador realizó un estudio de la eficiencia hídrica en una fábrica textil de lana integrada, concluyendo que el consumo de agua puede reducirse de 69% – 41%, DQO de 75% - 48% y 63% – 28% respectivamente, y así llegar a aplicar la producción más limpia (Ozturk y Cinperi, 2018).

Existen algunas experiencias sobre la aplicación de la *Moringa oleífera* en el sistema de tratamiento de efluentes residuales procedentes de diferentes fuentes, por ejemplo efluentes industriales (Martín *et al.*, 2013). En Ecuador Landázuri *et al.*, (2018) realizó una evaluación de la eficiencia de las semillas de *Moringa oleífera* Lam, a través de pruebas de jarra con tres fuentes de aguas residuales, concluyó que los niveles de DQO, turbidez y *E. coli* se redujeron por debajo de las normas legales. Por otro lado garantizan que las vainas de semillas de *Moringa oleífera* se utilizó como biosorbente para la eliminación de colorantes y metales pesados, concluyendo que 2.5g de *Moringa oleífera* elimina hasta el 95% de cromo (VI) y el tinte NBB elimina el 99% a un pH 2 (Shirani, Santhosh, Iqbal y Bhatnagar, 2018). Asimismo en la aplicación de polvo de la semilla de *Moringa oleífera* se obtuvo una eficiencia de remoción de turbidez de 287 a 38.8 unidades de turbidez nefelométricas (NTU), incrementó el pH de 4.3 a 7.1 y estabilizó los sólidos disueltos (TDS) (Vunain *et al.*, 2019). Empleando esta planta se han probado muchos métodos con resultados positivos como son el método de filtración por membrana (Mateus *et al.*, 2017), presipitación química (Ali y Seng, 2018) y flotación con biocoagulantes (Ali y El-Mohamedy, 2016).

Las estrictas regulaciones ambientales para la descarga de efluentes en la actualidad están obligando a los tintoreros y acabadores en la industria textil a elaborar planes de gestión eficaces. Es por ello que, para el presente estudio se realizó una revisión bibliográfica de la efectividad de las semillas de *Moringa oleífera* como agente coagulante en el tratamiento de aguas residuales de origen textil.

1. Aguas residuales:

Son efluentes provenientes producto de actividades domésticas, industriales y comunitarias se caracteriza por 99% de agua y un 1% sólidos, que se clasifican en compuestos inorgánicos (cocarbonatos, sulfatos, fósforo, cloruros y metales como el zinc,

mercurio, cromo, cadmio, cobre y plomo) y orgánicos (nitrogenados y no nitrogenados), y agentes biológicos (Da Cámara, Hernández, Paz y Gómez, 2014). Según los datos de la OEFA, (2012) el Perú genera 2 217 946 m³/día y cada habitante genera 142 litros/día de aguas residuales y, Lima genera 1 202 286 m³; de las cuales se tratan 254 966 m³, con 5 tecnologías usadas comúnmente; el 12 701 m³/día se tratan en lagunas de oxidación cuyo costo es 1,0 – 2,04 \$US/año per cápita (SUNASS, 2015), 116 640 m³/día en lagunas aireadas que representa 2,0 – 3,54 \$US/año per cápita; 53 827 m³/día en lodos activados que cuestan de 4 – 81 \$US/año per cápita; 71 366 m³/día en sistemas anaerobios – aerobios que cuesta en 1.5 – 2.22 \$US/año per cápita, y los aerobios 2.5 – 52 \$US/año per cápita y 432 m³/día con filtro percolador que cuestan de 2 – 32 \$US/año per cápita. Según SEDAPAL – Gerencia de Gestión de Aguas Residuales, datos extraídos del INEI, (2016) en Lima tenemos PTARs en la zona norte Taboada con 11 317 L/s de aguas residuales tratadas, zona sur La Chira con un caudal de tratamiento de 5 320 L/s y en la zona centro Carapongo con un caudal de 357 L/s. En el Perú, se tiene un total de 13 274 empresas de la industria textil, en Lima contamos con 80, seguido de Cajamarca con 5 y en el Callao 3 industrias textiles (PRODUCE, 2015).

1.1. Aguas residuales industriales

Es producto de la actividad humana que están asociadas con la obtención del producto a base de materias primas en los procesos de extracción, lavado, cocción y el transporte en la planta de fabricación, donde se genera mayores cantidades de aguas residuales industriales (Mahat *et al.*, 2018). Así mismo, estas aguas residuales industriales contienen iones de metales pesados, compuestos disruptores endocrinos, compuesto orgánicos, pesticidas, colorantes y materiales tóxicos (Samaei *et al.*, 2018). Por lo tanto, se busca que en un proceso se debe lograr un tratamiento de aguas residuales con menos costo, energía y optimizar el tiempo (Tabassum *et al.*, 2018).

1.1.1. Industria Textil

2. Colorantes

Aproximadamente, a nivel mundial se produce 700 000 toneladas con 10 000 tipos de colorantes, de los cuales el 20% se dispone como efluente industrial durante el proceso del teñido (Swati y Faruqui, 2018). Según las investigaciones se menciona que los colorantes azoicos tienen efectos tóxicos, como carcinogenicidad, mutagenicidad y citotoxicidad, en especial el Disperse Blue 373, Disperse Red 1 y Disperse Violet 93 contribuyen a la mutagenicidad que fue resultado del ensayo de Salmonella/microsoma (Vilaseca, López-Grimau y Gutiérrez-Bouzán, 2014; Fernandes, De Aragão Umbuzeiro y Salvadori, 2019).

2.1. Tipos de colorantes utilizado en el área textil

Se clasifica de acuerdo al grupo cromóforo de los cuales la gran mayoría son empleados en la industria (Morillo Chandi 2012). Las sustancias colorantes usadas en procesos industriales se dividen en grupos de tintes y colorantes sintéticos (Vilaseca, López-Grimau y Gutiérrez-Bouzán, 2014):

2.1.1. Pigmentos

Estos son compuestos que absorbe la luz, por ejemplo, las cianobacterias que tienen alto contenido de variedad de pigmentos por ejemplo, Negro reactivo 5, Azul reactivo 198, Carmesí H-EXL, reactivo amarillo, ácido rojo 88, entre otros (Beltrán-Heredia, Sánchez-Martín, Muñoz-Serrano y Peres, 2012; Vijayaraghavan, Rajasekaran y Shantha Kumar, 2013; Vilaseca, López-Grimau y Gutiérrez-Bouzán, 2014; Saini, Pabbi y Shukla, 2018).

2.1.2. Tintes

Estos son contaminantes ambientales, que pueden ser tratados con bacterias en muchas investigaciones de acuerdo a los efectos eco-toxicológico (Mageshkumar y Karthikeyan, 2016; Bedekar, Bhalkar, Patil y Covulación, 2016; De Oliveira *et al.*, 2018).

3. Tecnologías de tratamiento de agua residual textil

En el proceso de tratamiento de agua residual textil se emplea diferentes procesos en función a la clase de tinte tales como: químicos, físicos o combinados, para el tratamiento físico-químico se realizaron diferentes estudios donde el objetivo principal es decolorar el agua residual textil. Por ejemplo, se realizó la unión del permanganato y ozono ($\text{KMnO}_4\text{-O}_3$), donde se utilizó una dosis de KMnO_4 de 10 mg/L, con un valor de pH de 7 en 30 min. para la remoción de TOC-DQO y la toxicidad de efluentes textiles, se obtuvo como resultado que el MnO_x y catalizador O_3 al obtuvo una remoción de 20% de DQO y eliminación de TOC al 19%; en la tabla 1 se puede observar las distintas tecnologías empleadas para el tratamiento de los efluentes industriales textiles (Liang *et al.*, 2018; Lafi, Gzara, Lajimi y Hafiane 2018).

Tabla 1: Métodos diferentes para tratamiento de aguas residuales textiles

Métodos	Descripción	Ventajas	Desventajas
$\text{KMnO}_4\text{-O}_3$	Reacción de oxidación de hierro y magnesio.	Eliminación de TOC – DQO y toxicidad de las aguas residuales.	Muy costoso
Reacción de Fenton	Reacción de oxidación usando H_2O_2	Decoloración	Vida media aprox. 20 min
NaOCl	Reacción de oxidación usando Cl^+ para atacar el grupo amino	Iniciación y aceleración de la ruptura del enlace	Libera aminas aromáticas
Ozonación	Reacción usando gas de ozono	Aplicación en estado gaseoso: No altera el volumen	Vida media prox. 20 min
Carbón activado	Remoción de tinte por absorción	Buena remoción de una variedad de tintes	Muy costoso
Coagulación electrocinética	Adición de sulfato ferroso y cloruro férrico	Económica viable	Alta producción de lodo

Adaptado de: (Liang *et al.*, 2018; Lafi, Gzara, Lajimi y Hafiane 2018)

El costo y los subproductos de estos métodos son una barrera aun en estudio por el cual se busca propuestas que sean viables, eficientes y ecoamigables con el ambiente.

4. La *Moringa oleífera*

4.1. Utilidad de la *Moringa oleífera*

La *Moringa oleífera* pertenece a la familia Moringaceae (Liu *et al.*, 2018), esta planta llega a desarrollarse en tres o cinco años y resiste las sequías; además, se puede perder hojas en períodos de estrés hídrico es una planta que no fija nitrógeno y puede llegar a medir entre 10 a 12m, las semillas son de color oscuro y redondas poseen “alas” de color blanca cubriendo la semilla (Magaña, 2012). En cuanto a su distribución es originaria del Subcontinente Indio y se está generalizando a todos los continentes; ya que, esta planta se adapta rápidamente es un árbol pequeño de origen de los tractos sub-Himalayan del norte de la India (Ayerza, 2011) esta planta puede ser comestible por el alto contenido de minerales, proteínas y vitaminas; el estudio que realizaron en diferentes regiones agroecológicas en Nigeria mencionan que la *Moringa oleífera* tiene una gran capacidad de combatir algunas deficiencias y enfermedades (Popoola y Obembe, 2013).

Esta planta contiene un 35% de aceite compuesto por 73% de ácido oleico que es muy familiar con el aceite de oliva y la pueden utilizar para fabricar detergentes y cosméticos; los cultivos produjeron aceite graso oleico omega 9 en un 70% a 76% (Ayerza, 2011 y Aly, Maraey y Ali, 2016). Asimismo, las semillas son consideradas como los mejores floculantes naturales para efluentes fluviales y turbias para la eliminación del negro directo 19, donde la *Moringa oleífera* fue la más eficiente a un pH 5-8, por el cual presenta una gran alternativa para el tratamiento de aguas residuales en las industrias que contienen este tipo de colorante y tintes (Tie, *et al.*, 2015; Kannan *et al.*, 2016; Reck *et al.*, 2018). Los residuos de esta planta son utilizados para diferentes procesos y actividades tal es el caso de las hojas que se utilizan como forraje para animales: cerdos, rumiantes, camellos, aves, incluso las tilapias y peces herbívoros (Magaña, 2012).

4.2. Uso de las semillas de *Moringa oleífera* en tratamiento de aguas residuales de origen textil

Tiene potencial de uso como coagulante en el procesos de tratamiento de efluentes industriales (Dotto *et al.*, 2019) y según Padhiyar *et al.*, (2020) se puede usar el polvo de la semilla de *Moringa oleífera* de diferentes tamaños en el proceso de tratamiento de efluentes, asimismo otro estudio de la semilla concluyó que la dosis óptima fue de 7500 mg/L que logró la remoción de 87% y 80% de color y turbidez (Arias, Hernández, Castro y Sánchez, 2017; Vilaseca, López-Grimau y Gutiérrez-Bouzán, 2014). La *Moringa oleífera* en convinación con otros coagulantes metálicos dio como resultado la remoción de 95.60% de turbidez en convinación con aluminio y un 98.32% la mezcla de *Moringa oleífera* co cloruro de sodio estos resultados son prometedores pero requiere mayor investigación (Sandoval Arreola y Laines Canepa, 2013; Villaseñor-Basulto, Astudillo-sánchez, Del Real-Olivera y Bandala, 2018). El empleo de la *Moringa oleífera* para distintos colorantes puede obtener una eficiencia de 94.2% de remoción para Direct Black, 90.3% Alizarin Violet, 75% Naranja ácido 7, 90.27% Azul de metileno, 98.52% Rojo Congo, 98% Cristal Violeta entre otros (Beltrán-Heredia, Sánchez-Martín y Delgado-Regalado, 2009; Marandi y Sepehr, 2011; Raj *et al.*, 2013; Tie, Jiang, Zhang S.y Zhang X., 2015; Firdhouse y Lalitha, 2016).

5. CONCLUSIONES

El uso creciente de los recursos hídricos en la Industria textil origina un creciente volumen de efluentes con altas cargas orgánicas, químicas y biológica que necesitan ser tratados para ser vertidos o reutilizar. Existen muchas alternativas para poder realizar el tratamiento de las aguas residuales textiles y pueden ser tecnologías físico-químicas, químicas, biológicas y tecnologías convinadas o híbridas. Las semillas de *Moringa oleífera* han reflejado alta eficiencia en ensayos realizado con efluentes textileras, el

método de prueba de jarras llegó a remover hasta un 82% los contaminantes y en otros estudios la remoción de los colorantes artificiales y tintes superan el 90%; esta es una alternativa potencial para el uso en el tratamiento de efluentes de origen textil y garantizar la calidad del agua para su reuso en el marco de la sostenibilidad y la gestión de los recursos hídricos.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Al-Gheethi, A. A., Mohamed, R. M. S. R., Rahman, M. A. A., Johari, M. R., & Kassim, A. H. M. (2016, July). Treatment of wastewater from car washes using natural coagulation and filtration system. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 136, No. 1, p. 012046). IOP Publishing. Recuperado de: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/136/1/012046/pdf>

Al-Gheethi, A. A., Mohamed, R. M. S. R., Wurochekke, A. A., Nurulainee, N. R., Rahayu, J. M., & Hashim, M. A. (2017). Efficiency of moringa oleifera seeds for treatment of laundry wastewater. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 103, p. 06001). EDP Sciences. Recuperado de: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710306001>

Ali, E. N., & Seng, H. T. (2018). Heavy Metals (Fe, Cu, and Cr) Removal from Wastewater by Moringa Oleifera Press Cake. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 150, p. 02008). EDP Sciences. Recuperado de: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201815002008>

Ali, N. F., & El-Mohamedy, R. S. R. (2016). Evaluation of Moringa oleifera seed extract coagulation in removal of some dyes in textile wastewater. *Int J ChemTech Res*, 9, 538-545. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Riad_El-mohamedy/publication/306150018_Evaluation_of_Moringa_oleifera_seed_extract_coagulation_in_removal_of_some_dyes_in_textile_wastewater/links/57bb697f08aefea8f0f45028.pdf

Aly, A. A., Maraei, R. W., & Ali, H. G. (2016). Fatty acids profile and chemical composition of Egyptian *Moringa oleifera* seed oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 93 (3), 397-404. Recuperado de: <https://doi.org/10.1007/s11746-015-2781-6>

Arias A., Hernández J.L., Castro A.F. y Sánchez N. E. (2017). Tratamiento de aguas residuales de una central de sacrificio: Uso del polvo de la semilla de la M. oleífera como coagulante natural. *Rev.Bio.Agro*, 29-39. Recuperado de: [http://dx.doi.org/10.18684/BSAA\(Edición Especial\)29-39](http://dx.doi.org/10.18684/BSAA(Edición Especial)29-39)

Ayerza, R. (2011). Seed yield components, oil content, and fatty acid composition of two cultivars of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) growing in the Arid Chaco of Argentina. *Industrial Crops and Products*, 33(2), 389-394. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.11.003>

Bedekar, P. A., Bhalkar, B. N., Patil, S. M., & Govindwar, S. P. (2016). Moringa oleifera-mediated coagulation of textile wastewater and its biodegradation using novel consortium-BBA grown on agricultural waste substratum. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(20), 20963-20976. Recuperado de: <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7279-8>

Beltrán-Heredia, J., Sánchez-Martín, J., & Delgado-Regalado, A. (2009). Removal of dyes by *Moringa oleifera* seed extract. Study through response surface methodology. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 84(11), 1653-1659. Recuperado de: <https://doi.org/10.1002/jctb.2225>

Beltrán-Heredia, J., Sánchez-Martín, J., Muñoz-Serrano, A., & Peres, J. A. (2012). Towards overcoming TOC increase in wastewater treated with *Moringa oleifera* seed extract. *Chemical Engineering Journal*, 188, 40-46. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2012.02.003>

BM (Banco Mundial). 2014. Infografía: Energía sedienta – Interdependencia entre la energía y el agua. Disponible en <http://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/01/16/infographic-thirsty-energy-energy-and-water-interdependence>

Chen, L., Wang, L., Wu, X., & Ding, X. (2017). A process-level water conservation and pollution control performance evaluation tool of cleaner production technology in textile industry. *Journal of cleaner production*, *143*, 1137-1143. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.006>

Choy, S. Y., Prasad, K. N., Wu, T. Y., Raghunandan, M. E., & Ramanan, R. N. (2016). Performance of conventional starches as natural coagulants for turbidity removal. *Ecological engineering*, *94*, 352-364. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.05.082>

Da Cámara, L., Hernández, M., Paz, L., & Gómez, M. G. (2014). Manual de diseño para plantas de tratamiento de aguas residuales alimenticias. Recuperado de: <https://www.academia.edu/download/55436233/Mandisplatraaguresaliar.pdf>

De Oliveira, G. A. R., Leme, D. M., de Lapuente, J., Brito, L. B., Porredón, C., de Brito Rodrigues, L., ... & Cestari, M. M. (2018). A test battery for assessing the ecotoxic effects of textile dyes. *Chemico-biological interactions*, *291*, 171-179. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2018.06.026>

Dos Santos, T. R. T., Mateus, G. A. P., Silva, M. F., Miyashiro, C. S., Nishi, L., de Andrade, M. B., ... & Bergamasco, R. (2018). Evaluation of magnetic coagulant (α -Fe₂O₃-MO) and its reuse in textile wastewater treatment. *Water, Air, & Soil Pollution*, *229*(3), 92. Recuperado de: <https://doi.org/10.1007/s11270-018-3747-8>

Dotto, J., Fagundes-Klen, M. R., Veit, M. T., Palácio, S. M., & Bergamasco, R. (2019). Performance of different coagulants in the coagulation/flocculation process of textile wastewater. *Journal of cleaner production*, *208*, 656-665. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.112>

EPA. (1997) Office of Compliance Sector Notebook, Project: Profile of the Textile Industry. Recuperado de: <http://www.cluin.org/download/toolkit/textilsn.pdf>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura).2015. Towards a Water and food Secure Future Critical Perspectives for Policy-makers. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i4560e.pdf>

Fernandes, F. H., de Aragão Umbuzeiro, G., & Salvadori, D. M. F. (2019). Genotoxicity of textile dye CI Disperse Blue 291 in mouse bone marrow. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 837, 48-51. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2018.10.003>

Firdhouse, M. J., & Lalitha, P. (2016). Nanosilver-decorated nanographene and their adsorption performance in waste water treatment. *Bioresources and Bioprocessing*, 3(1), 12. Recuperado de: <https://doi.org/10.1186/s40643-016-0089-5>

Freitas, T. K. F. S., Almeida, C. A., Manholer, D. D., Geraldino, H. C. L., de Souza, M. T. F., & Garcia, J. C. (2018). Review of utilization plant-based coagulants as alternatives to textile wastewater treatment. In *Detox Fashion* (pp. 27-79). Springer, Singapore. Recuperado de: https://doi.org/10.1007/978-981-10-4780-0_2

Hayat, H., Mahmood, Q., Pervez, A., Bhatti, Z. A., & Baig, S. A. (2015). Comparative decolorization of dyes in textile wastewater using biological and chemical treatment. *Separation and Purification Technology*, 154, 149-153. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2015.09.025>

INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 2018. Instituto Nacional de Estadística e Informática Comportamiento de la Economía Peruana en el Segundo Trimestre de 2018. Recuperado de: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/03-informe-tecnico-n03_pbi-trimestral_-iitrim2018.pdf

INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática).2016.2. Medio Ambiente. Recuperado de: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1483/cap02/informacion02.htm

Kannan, R., Lakshmi, S., Aparna, N., Prabhakar, S., & Thilagaraj, W. R. (2016). Eco-friendly treatment of textile dye from aqueous solution using encapsulated biosorbent matrix beads: kinetics and breakthrough analysis. *International Journal of Industrial Chemistry*, 7(3), 265-275. Recuperado de: <https://doi.org/10.1007/s40090-016-0088-6>

Lafi, R., Gzara, L., Lajimi, R. H., & Hafiane, A. (2018). Treatment of textile wastewater by a hybrid ultrafiltration/electrodialysis process. *Chemical Engineering and Processing-Process Intensification*, 132, 105-113. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.cep.2018.08.010>

Landázuri, A. C., Villarreal, J. S., Núñez, E. R., Pico, M. M., Lagos, A. S., Caviedes, M., & Espinosa, E. (2018). Experimental evaluation of crushed *Moringa oleifera* Lam. seeds and powder waste during coagulation-flocculation processes. *Journal of environmental chemical engineering*, 6(4), 5443-5451. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.08.021>

Liang, J., Ning, X. A., Sun, J., Song, J., Hong, Y., & Cai, H. (2018). An integrated permanganate and ozone process for the treatment of textile dyeing wastewater: Efficiency and mechanism. *Journal of cleaner production*, 204, 12-19. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.112>

Liu, Y., Wang, X. Y., Wei, X. M., Gao, Z. T., & Han, J. P. (2018). Values, properties and utility of different parts of *Moringa oleifera*: An overview. *Chinese Herbal Medicines*, 10(4), 371-378. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.chmed.2018.09.002>

Magaña, B.W. (2012). Aprovechamiento poscosecha de la *Moringa* (*Moringa oleífera*). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 13 (2), 171-174. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/html/813/81325441010/>

Mageshkumar, M., & Karthikeyan, R. (2016). Modelling the kinetics of coagulation process for tannery industry effluent treatment using *Moringa oleifera* seeds protein. *Desalination and Water Treatment*, 57(32), 14954-14964. Recuperado de: <https://doi.org/10.1080/19443994.2015.1070294>

Mahat, S. B., Omar, R., Idris, A., Kamal, S. M. M., & Idris, A. I. M. (2018). Dynamic membrane applications in anaerobic and aerobic digestion for industrial wastewater: A mini review. *Food and bioproducts processing*, 112, 150-168. Recuperación de: <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.09.008>

Marandi, R., & Sepehr, S. M. B. (2011). Removal of Orange 7 dye from wastewater used by natural adsorbent of *Moringa oleifera* seeds. *American Journal of Environmental*

Engineering, 1(1), 1-9. Recuperado de:

<https://pdfs.semanticscholar.org/caf2/01665f29ea9b2f8d078108b7e0fee25aa505.pdf>

Martín, C, Martín, G, García, A, Fernández, Teresa, Hernández, Ena, & Puls, Jürgen. (2013). Potenciales aplicaciones de Moringa oleifera. Una revisión crítica. *Pastos y Forrajes*, 36(2), 137-149. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942013000200001&lng=es&tlng=es.

Mateus, G. A. P., Formentini-Schmitt, D. M., Nishi, L., Fagundes-Klen, M. R., Gomes, R. G., & Bergamasco, R. (2017). Coagulation/flocculation with Moringa oleifera and membrane filtration for dairy wastewater treatment. *Water, Air, & Soil Pollution*, 228(9), 342. Recuperado de: <https://doi.org/10.1007/s11270-017-3509-z>

Matouq, M., Jildeh, N., Qtaishat, M., Hindiyeh, M., & Al Syouf, M. Q. (2015). The adsorption kinetics and modeling for heavy metals removal from wastewater by Moringa pods. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 3(2), 775-784. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2015.03.027>

Meda, A., Lensch, D., Schaum, C., & Cornel, P. (2012). Energy and water: relations and recovery potential. *Water-energy interactions of water reuse*. IWA Publishing, London, 21-35. Recuperado de: <https://bit.ly/2zofhU3>

Morillo Chandi, S. (2012). Propuesta De Producción Más Limpia (P+L) En El Proceso De Tinturado, En La Industria “Textiles María Belén” Ubicada En El Distrito Metropolitano De Quito. Recuperado de: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/662/1/T-UCE-0012-126.pdf>

Naciones Unidas, Oficina del Alto Comisionado para los Derechos Humanos (ACNUDH), Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-Hábitat), Organización Mundial de la Salud (OMS), (2010). El derecho al agua, boletín informativo n 35. Recuperado de: <https://www.ohchr.org/Documents/Publications/FactSheet35sp.pdf>

OEFA (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental). 2014. Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales. Recuperado de: https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827

OMM (Organización Meteorológica Mundial). 2018. El agua. Disponible en <https://public.wmo.int/es/nuestro-mandato/el-agua>

Ozturk, E., & Cinperi, N. C. (2018). Water efficiency and wastewater reduction in an integrated woolen textile mill. *Journal of Cleaner Production*, 201, 686-696. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.021>

Padhiyar, H., Thanki, A., Singh, N. K., Pandey, S., Yadav, M., & Yadav, T. C. (2020). Parametric and kinetic investigations on segregated and mixed textile effluent streams using Moringa oleifera seed powders of different sizes. *Journal of Water Process Engineering*, 34, 101159. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101159>

Paz, A., Carballo, J., Pérez, M. J., & Domínguez, J. M. (2017). Biological treatment of model dyes and textile wastewaters. *Chemosphere*, 181, 168-177. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.04.046>

Popoola, J. O., & Obembe, O. O. (2013). Local knowledge, use pattern and geographical distribution of Moringa oleifera Lam. (Moringaceae) in Nigeria. *Journal of Ethnopharmacology*, 150(2), 682–691. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.09.043>

PRODUCE (Ministerio de Producción), 2015. Industria Textil y Confecciones. Estudio de Investigación Sectorial. Recuperado de: http://demi.produce.gob.pe/images/publicaciones/publie178337159547c39d_11.pdf

Raj, K. R., Kardam, A., Arora, J. K., Srivastava, S., & Srivastava, M. M. (2013). Adsorption behavior of dyes from aqueous solution using agricultural waste: modeling approach. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 15(1), 73-80. Recuperado de: <https://doi.org/10.1007/s10098-012-0480-7>

Ramesh, S., & Mekala, L. (2018). Treatment Of Textile Waste Water Using Moringa Oleifera and Tamarindus Indica. *Intern. Research J. of Eng. And Tech.(IRJET)*, 5(03)). Recuperado de: <http://www.academia.edu/download/56794623/IRJET-V5I3911.pdf>

Reck, I. M., Paixão, R. M., Bergamasco, R., Vieira, M. F., & Vieira, A. M. S. (2018). Removal of tartrazine from aqueous solutions using adsorbents based on activated carbon and

Moringa oleifera seeds. *Journal of Cleaner Production*, 171, 85-97. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.237>

Saini, D. K., Pabbi, S., & Shukla, P. (2018). Cyanobacterial pigments: perspectives and biotechnological approaches. *Food and chemical toxicology*, 120, 616-624. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.08.002>

Samaei, S. M., Gato-Trinidad, S., & Altaee, A. (2018). The application of pressure-driven ceramic membrane technology for the treatment of industrial wastewaters – A review. *Separation and Purification Technology*, 200, 198–220. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2018.02.041>

Sandoval Arreola, M. M., & Laines Canepa, J. R. (2013). Moringa oleifera una alternativa para sustituir coagulantes metálicos en el tratamiento de aguas superficiales. *Ingeniería*, 17(2). Recuperado de: <http://www.redalyc.org/html/467/46730913001/>

Sanmuga Priya, E., & Senthamil Selvan, P. (2017). Water hyacinth (Eichhornia crassipes) – An efficient and economic adsorbent for textile effluent treatment – A review. *Arabian Journal of Chemistry*, 10, S3548–S3558. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2014.03.002>

Servicio de Agua Potable y Alcantarillado (SEDAPAL S.A.) (2019), Informe Anual. Recuperado de: <http://www.smv.gob.pe/ConsultasP8/temp/Riesgo%20dic%202018.pdf>

Shirani, Z., Santhosh, C., Iqbal, J., & Bhatnagar, A. (2018). Waste Moringa oleifera seed pods as green sorbent for efficient removal of toxic aquatic pollutants. *Journal of environmental management*, 227, 95-106. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.08.077>

SUNASS (Superintendencia Nacional de Agua y Saneamiento). 2014. Boletín Virtual de la Superintendencia Nacional de Agua y Saneamiento. Disponible en <https://www.sunass.gob.pe/boletin2016/febrero/notacentral1.html>

SUNASS (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento). 2004. Análisis de la Calidad del agua potable en las empresas prestadoras del Perú: 1995 – 2003. Recuperado de: https://www.sunass.gob.pe/Publicaciones/analisis_agua_potable.pdf

SUNASS (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento). 2015. Diagnóstico de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en el Ámbito de Operación de las Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento. Recuperado de: <https://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/ptar.pdf>

Swati, S. S., & Faruqui, A. N. (2018). Investigation on ecological parameters and COD minimization of textile effluent generated after dyeing with mono and bi-functional reactive dyes. *Environmental Technology & Innovation*, 11, 165-173. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2018.06.003>

Tabassum, S., Li, Y., Chi, L., Li, C., & Zhang, Z. (2018). Efficient nitrification treatment of comprehensive industrial wastewater by using Novel Mass Bio System. *Journal of Cleaner Production*, 172, 368–384. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.022>

Tie, J., Jiang, M., Li, H., Zhang, S., & Zhang, X. (2015). A comparison between Moringa oleifera seed presscake extract and polyaluminum chloride in the removal of direct black 19 from synthetic wastewater. *Industrial Crops and Products*, 74, 530–534. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.04.004>

UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization). 2017. Las aguas residuales, el recurso desaprovechado. Recuperado de: <http://www.unesco.org/new/es/unesco/events/prizes-and-celebrations/celebrations/international-days/world-water-day-2017/>

UNICEF (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia). 2015. Agua, Saneamiento e higiene. Recuperado de: https://www.unicef.org/spanish/wash/index_3951.html

UNICEF (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia). 2017. Thirsting for a Future: Water and children in a changing climate. Recuperado de: https://www.unicef.org/publications/index_95074.html

Vijayaraghavan, G., Rajasekaran, R., & Kumar, S. S. (2013). Removal of reactive yellow dye using natural coagulants in synthetic textile waste water. *International Journal of Chemical Sciences*, 11(4), 1824-1830. Recuperado de: http://www.academia.edu/download/34945747/REMOVAL_OF_REACTIVE_YELLOW.pdf

Vilaseca, M., López-Grimau, V., & Gutiérrez-Bouzán, C. (2014). Valorization of waste obtained from oil extraction in *Moringa oleifera* seeds: coagulation of reactive dyes in textile effluents. *Materials*, 7(9), 6569-6584. Recuperado de: <https://doi.org/10.3390/ma7096569>

Villaseñor-Basulto, D. L., Astudillo-Sánchez, P. D., del Real-Olvera, J., & Bandala, E. R. (2018). Wastewater treatment using *Moringa oleifera* Lam seeds: a review. *Journal of Water Process Engineering*, 23, 151-164. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2018.03.017>

Vunain, E., Masoamphambe, E. F., Mpeketula, P. M. G., Monjerezi, M., & Etale, A. (2019). Evaluation of coagulating efficiency and water borne pathogens reduction capacity of *Moringa oleifera* seed powder for treatment of domestic wastewater from Zomba, Malawi. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 7(3), 103118. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.103118>

WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas). 2016. Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2016: Agua y Empleo. París, UNESCO. Recuperado de: https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/noticias/informe-unesco.pdf

WWAP (Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos) /ONU-Agua.2018. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018: Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua. París, UNESCO. Recuperado de: <http://unesdoc.unesco.org/images/0026/002614/261494s.pdf>

WWDR (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas). 2017. Informe de las Naciones Unidas Sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. Aguas Residuales: El recurso desaprovechado. París, UNESCO. Recuperado de: [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/9A13A8A4E16D102F05258175006A9AD1/\\$FILE/1__15.247647s.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/9A13A8A4E16D102F05258175006A9AD1/$FILE/1__15.247647s.pdf)