



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“REMOCIÓN DE METALES EN AGUA POR RESIDUOS
ORGÁNICOS”

Trabajo de Investigación para optar el grado académico de:
Bachiller en Ingeniería Ambiental

Presentado por:

Deyanira Milla Luna (0000-0002-2180-1101)

Asesor:

Ing. Jorge Luis Cárdenas Ruiz (0000-0001-9313-905X)

Lima – Perú

2020



RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N° 303-2020-DACIA-DAFCA-CIENTIFICA

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES / CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

Lima 31 de diciembre de 2020

VISTO:

La revisión realizada y la aprobación de Trabajo de Investigación titulado: **REMOCIÓN DE METALES EN AGUA POR RESIDUOS ORGÁNICOS**, presentado por:

- **Deyanira Milla Luna**

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: **REMOCIÓN DE METALES EN AGUA POR RESIDUOS ORGÁNICOS** con N° de registro de la carrera: **0112-FCA-IAM**.

Nombrar al docente/colaborador **Jorge Luis Cárdenas Ruiz** como asesor de dicho trabajo de investigación.

Regístrese, comuníquese y archívese,



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

TITULO DE LA REVISIÓN TEÓRICA

Deyanira Milla Luna¹ Jorge Luis Cárdenas Ruiz²

¹Facultad de Ciencias Ambientales. Universidad Científica del Sur. Lima- Perú

²Facultad de Química e Ingeniería Química. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima - Perú.

*Correo de correspondencia: 100031059@cientifca.edu.pe

RESUMEN

La siguiente revisión da referencia a la problemática de los residuos orgánicos que se generan mundialmente, dando énfasis a los residuos agroindustriales y la normativa correspondiente a su control y manejo; también se da a conocer los impactos negativos que se generan por su mala disposición. Por ello, se presentan alternativas de tratamiento y aplicación, donde nos enfocamos en el tratamiento térmico y químico, puesto que hay diferentes estudios que señalan que los residuos tratados térmicamente en presencia de medios ácidos presentan mayor eficiencia en la remoción de metales en aguas contaminadas, así también se describe el sustento químico y físico de este fenómeno llamado adsorción. Por otro lado, se comenta sobre la contaminación del agua en el Perú y las incidencias que se dieron en el sector salud junto con la normativa vigente. Se expone las incidencias ambientales con relación a la división tradicional de las tres regiones que son costa, sierra y selva, que nos permita visualizar mejor los tipos de residuos que se generan en el sector agroindustrial y las mejores propuestas a utilizar para la remoción de metales.

Palabras clave:

Residuos orgánicos, metales pesados, adsorción, remoción de metales

ABSTRACT

The following review gives references on the problem of organic waste generated worldwide, emphasizing agroindustrial waste and the regulations corresponding to its control and management, it is also disclosed in the case of its poor disposal, the negative impacts that they generate. Therefore, treatment and application alternatives are presented, where we focus on heat and chemical treatment since there are different studies that indicate that thermally treated wastes in the presence of acidic media have greater efficiency in the removal of metals in contaminated water, as well as describes the chemical and physical support of this phenomenon also called adsorption. On the other hand, it comments on water pollution in Peru and the incidents that occurred in the health sector along with current regulations. The environmental incidents are exposed in relation to the traditional division of the three coastal, mountain and jungle regions, which allows us to better visualize the types of waste generated in the agro-industrial sector and the best proposals to use for the removal of metals.

Keywords:

Organic wastes, heavy metals, adsorption, metal removal

REVISIÓN TEÓRICA

1. Residuos orgánicos

Se define a los residuos orgánicos como aquellos residuos que tienden a ser restos, sobras o productos de cualquier organismo (CCA,2017). En este caso haremos referencia a los residuos generados en la pre cosecha y post cosecha. Así mismo, el Reglamento de Manejo de los Residuos Sólidos del Sector Agrario D.S. N° 019- 2012-AG presenta la definición de los residuos sólidos agroindustriales, son aquellos generados en el procesamiento de productos agrícolas (MINAGRI, 2012).

1.1.Situación de los residuos orgánicos

La materia orgánica que provienen de un proceso fotosintético oscilan de aproximadamente 155 billones de toneladas/año de las cuales una pequeña parte es consumida por los humanos y animales, el resto se trasforma en residuos (Cury R, Aguas M, Martinez M, Olivero V, & Chams Ch, 2017) que luego pasan a descomponerse dándose en mayor proporción cuando los residuos provienen de un proceso antrópico y son dispuestos inadecuadamente pasando a constituirse como una fuente de contaminación (Peñaranda, Montenegro, & Giraldo, 2017). En el caso de los países desarrollados que perciben ingresos altos y representan el 16% de la población mundial, generan 34% de los residuos mundiales. Luego sigue la región de Asia Oriental y Pacífico que genera el 23% del total mundial (BancoMundial, 2018).

Por otro lado, países como Canadá, Estados Unidos y México en conjunto presentaron un informe del procesamiento de los residuos orgánicos en la recuperación de excedentes o desechos alimentarios donde se incluyen los residuos del sector agroindustrial y estiman que el total de residuos orgánicos desechados de los tres países es aproximadamente de 265 millones de toneladas por año y quien ocupa la primera posición respecto a la tasa de

aprovechamiento de residuos excluyendo al residuo de papel es Canadá, con un 24.5% (Eastern Research Group, 2017).

Las actividades productivas generan diferentes formas de contaminación, los metales pesados en verduras se da en varias partes del mundo, un caso a presentar es en la población de Zhejiang, China donde se encontraron concentraciones de cadmio (2.62%), mercurio (2.62%) y plomo (3.79%) que exceden el límite de concentraciones permisibles establecidos en la legislación China, donde las fuentes de contaminación fueron el agua de riego, emisiones industriales que al dispersarse en el agua podrían ser acumulados en los cultivos (Huang, Pan, Wu, Han, & Chen, 2014).

1.2. Normativas

1.2.1. Internacional

Dentro del marco global encontramos al Acuerdo de Paris, que establece una lucha contra el cambio climático a partir del 2020 y está directamente relacionado con los gases efecto invernadero generados por los residuos sólidos por la producción de metano (Nafarroako Gobernua, 2016).

Uno de los objetivos de Desarrollo del Milenario de la Organización de Naciones Unidas ONU del 2005 al 2015, es asegurar la disponibilidad y el uso sostenible del recurso agua y saneamiento básico para todos, considerando al agua como carácter prioritario (ONU, 2019). La Organización Mundial de la Salud ONU, pone en conocimiento la Guía de Calidad de Agua Potable donde se menciona un marco de seguridad en cuanto al consumos de agua (OMS, 1984).

1.2.2. Nacional

En la norma peruana para el caso de la gestión y manejo de los residuos agroindustriales, se cuenta con la Ley Nº 27314, Ley General de Residuos Sólidos que establece que el MIANGRI debe coordinar el manejo de actividades agropecuarias y agroindustriales

(MINAGRI, 2012), también existen el Reglamento de Manejo de Residuos Sólidos del Sector Agrario establecido en el D.S. N° 019- 2012-AG, Ley General del Ambiente y la Ley N° 28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental y el Decreto Legislativo N° 1065, que modifica la Ley N° 27314. En el caso de los metales pesados en aguas, el DS N° 002-2008-MINAM aprueba los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental de Agua y categoriza según su uso, además presentan las concentraciones permitidas de metales pesados que no representan riesgo significativo para la salud y las personas.

2. Situación actual de los residuos orgánicos en el Perú

En el Perú se genera aproximadamente 19 mil toneladas al día de residuos sólidos que equivalen a tres estadios nacionales, donde se considera que el 54% son residuos sólidos orgánicos (MINAM, 2019), el sub sector agricultura es quien representa el más alto registro de residuos no municipales (MINAM, 2012).

En el país los establecimientos agroindustriales han ido aumentando, estudios han demostrado que es un indicador en la reducción de incidencia de pobreza; sin embargo, por la poca capacitación e inversiones de desarrollo e implementación de nuevas tecnologías en muchas ocasiones no ha permitido un completo crecimiento de la agroindustria (Barrantes & Hopkins, 2015). Son aproximadamente 10 millones de toneladas de biomasa residual que son provenientes de actividad agroindustrial, agricultura e industria maderera (CONCYTEC, 2019).

En cuanto a las incidencias que se reportan en el Perú encontramos un informe realizado durante los años 2017 y 2018 que reportó la presencia de metales pesados (aluminio, plomo, arsénico, cadmio, boro, níquel) en la mayoría de cuencas de Moquegua, encontrándose en algunos lugares niveles que superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). Esto fue localizando en distritos rurales, cuya metodología de muestreo se dio en el punto de captación y a la salida de los reservorios donde se deposita el agua para consumo (LaRepública, 2019).

La Dirección General de Intervenciones Estratégicas en Salud Pública, manifestó que se están dando las medidas cautelares en la presencia de diferentes problemas de salud pública, como es en el caso de la región de Madre de Dios por la exposición del mercurio. Loreto por exposición de plomo, mercurio, arsénico y cadmio. Junín (La Oroya) y el Callao (Puente Nuevo) por exposición al plomo (Dirección General De Intervenciones Estratégicas en Salud Pública, 2019).

Con respecto a los protocolos para el tratamiento de los pacientes intoxicados con metales pesados dependiendo de las circunstancias por ejemplo, solo serán tratados aquellos pacientes que se encuentren en un hospital de Tercer nivel y el personal de salud debidamente capacitado (Dirección General De Intervenciones Estratégicas en Salud Pública, 2019), a esto se suma que son varios los lugares que no cumplen lo establecido o son muy alejadas, no pudiendo abarcar a todos los afectados. En entre otros, el tratamiento depende de las condiciones de paciente y la posibilidad de que tengan insumos para un tratamiento. Resaltando la ineficiencia del sector ambiental y salud pública.

2.1. Clasificación de los residuos

Las regiones del Perú son costa, sierra y selva se relacionan con las regiones hidrográficas de modo que la región hidrográficas del pacifico correspondería a la costa y sierra, la región hidrográfica de las amazonas a la selva y la región hidrográfica del Titicaca a la sierra (ANA, 2019).

Hay que considerar que la región selva es quien presenta un gran potencial de producción agrícola, así como generación de residuos agroindustriales. Por ejemplo, en el procesamiento de la palma aceitera se dan dos etapas, la primera corresponde a la producción agrícola donde se caracterizan los cultivos frescos de la palma y la extracción de aceite crudo; y la segunda es la transformación industrial, generando en las dos etapas

una gran cantidad de residuos (Glave & Vergara, 2016). Las características que tiene estos residuos son el contenido de lignocelulosa y fibra; para su valorización es posible aplicar tecnología de conversión termoquímica para darles un valor económico como la producción de biocarbón (Van Dam, 2016).

Los residuos de Cacao son unos de los más abundantes ya que solo el 20% de todo el fruto es aprovechado (Loyo Núñez, 2015). La mayor producción se encuentra en la selva y por la ceja de selva en la sierra, con un aproximado de 108,140 toneladas de cacao por región (Agencia Agraria de Noticias, 2018) :

Tabla 2. Porcentaje y cantidad de residuos de Cacao por Regiones

Regiones	Cantidad Toneladas	Porcentaje (%)
San Martín	46.293	42
Junín	21.400	19
Cusco	10.789	9
Ucayali	8.622	8
Huánuco	6.491	6
Amazonas	4.218	4

Fuente: (Agencia Agraria de Noticias, 2018)

Los residuos generados (cáscara de cacao y cascarilla) pueden pasar por un tratamiento térmico para su transformación a un material adsorbente, ya que dentro de sus componentes se tiene 50,35% de biomasa de carbono; 19,82% de celulosa y 12,66% de lignina. Asimismo, se tiene estudios que sustentan su efectividad en la remoción de cadmio y plomo. Por otro lado, estudios indican que el tratamiento térmico podría

aplicarse a bajas temperaturas y mayor tiempo de tratamiento térmico (Lara, Tejada, Villabona, & Arrieta, 2017)

Según la clasificación de producción tenemos a Ucayali con el 8% de toda la producción agrícola del Perú y es una de las regiones afectadas por la minería informal y artesanal en Madre de Dios, con una descarga casi continua de metales pesados a diferentes fuentes de aguas y podría considerarse un abastecedor del subproductos adsorbentes para la remoción de metales en agua (MINCETUR, 2017)

En Madre Dios podemos encontrar aproximadamente de 1600 hectáreas de extensiones de la nuez de castañas con otras especies maderables, que son una de las actividades de vital importancia y

significancia en el sector económico con un 25% de dependencia directa e indirecta de la población. Además, podemos encontrar otro tipo de residuos de arroz, plátano y yuca (Agraria Oficina de Planificación, 2015). En el caso de Madre de Dios encontramos a la cáscara de arroz y la cáscara de plátano como potenciales materiales que pueden remover metales. Por lo que podríamos considerar que hay subproductos que pueden ser tratados para su uso en la remoción de metales y beneficiar ambientalmente a una población, mejorando la calidad del agua para el riego y en el consumo de diferentes especies.

Figura 4. Regiones Hidrograficas del Perú



Fuente: ANA

En Junín dentro de sus actividades encontramos como primera actividad productiva a la minería con una producción de 71% cobre , 11% zinc y 10% plomo (MINCETUR, 2017), siendo uno de los causantes de la contaminación por plomo de la población, en segundo lugar al sector agropecuario con una producción de café con 74 %, jengibre con 11% y cacao con 3%. Se ha reportado que los residuos que tiene una buena capacidad de remoción de metales son cáscara de café y cacao.

En Loreto encontramos que el sector agroindustrial se desarrolla en la producción de caña de azúcar, palma aceitera, maíz amarillo duro y cacao (Cumbicus & Lopez, 2014).

En la costa encontramos gran variedad de productos frutícolas como el banano orgánico en Piura, caña de azúcar en La Libertad, uvas y café en Lima, maíz morado en Arequipa y aceituna en Tacna (Plataforma Educativa de Recursos Digitales, 2019), que podrían ser utilizadas como material adsorbente.

3. Impactos ambientales de los residuos orgánicos

Los residuos agroindustriales dentro del sector agrario generan un impacto ambiental, al momento de no reutilizarlos dan lugar a la alteración del ambiente afectando de modo negativo el desarrollo de los seres vivos. En algunos casos los residuos son quemados y en otros casos la descomposición da lugar a la proliferación de vectores (Vargas-Corredor & Pérez-Pérez, 2018), generando contaminación de suelos y aguas subterráneas (Peñaranda et al., 2017) esto se da por la descomposición de los residuos orgánicos (Serna, 2017).

En Cuba se realizaron estudios para medir el impacto de los residuos indicando los criterios para la valorización de impactos (tabla 1).

Tabla 1. Criterios fijados para la evaluación de los índices cualitativos de impacto ambiental para los residuos industriales.

Criterios	Descripción	Valoración
Carácter de Impacto	Establece el efecto de los residuos al medio ambiente	Beneficio: positivo Perjudicial: negativo
Intensidad	Indica el efecto de los residuos como consecuencia de su generación y disponibilidad	Índice entre 0 y 10
Extensión o influencia espacial	Expresa la superficie afectada por los residuos y su alcance sobre el medio ambiente	Generalizado: 10 Local: 5 Puntual: 2
Duración del cambio	Referido al periodo que persiste los cambios al medio ambiente	Largo (>10 años): 10 Mediano (5-10 años): 5 Corto (1-5 años): 2
Reversibilidad	Capacidad de retomar una capacidad de equilibrio que posibilite mitigar la	Irreversible: 10 Parcial: 5 Reversible: 2
Probabilidad (Riesgo)	Incorpora la probabilidad de ocurrencia del efecto de los residuos sobre el medio ambiente	Alta (>50%): 5 Media (10-50%): 0.5 Baja (1-10%): 0.2
Magnitud	Es una medida que integra la intensidad, duración e influencia espacial de los residuos	Calculada como función lineal
Valor de Impacto ambiental	Índice calculado a partir de la magnitud, reversibilidad y probabilidad de ocurrencia del impacto ambiental	1: bajo 2: medio 3: alto

Fuente : (López, González, & Rodríguez, 2014)

Después de la evaluación de los índices en el caso de la evaluación de los residuos de aserrín esta investigación concluye que representa un impacto muy significativo que facilita la infección de enfermedades alterando el sistema de vida y costumbres humanas, otro punto que resaltó es el efecto adverso sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales, además se afectaron valores paisajísticos como turísticos (López et al., 2014).

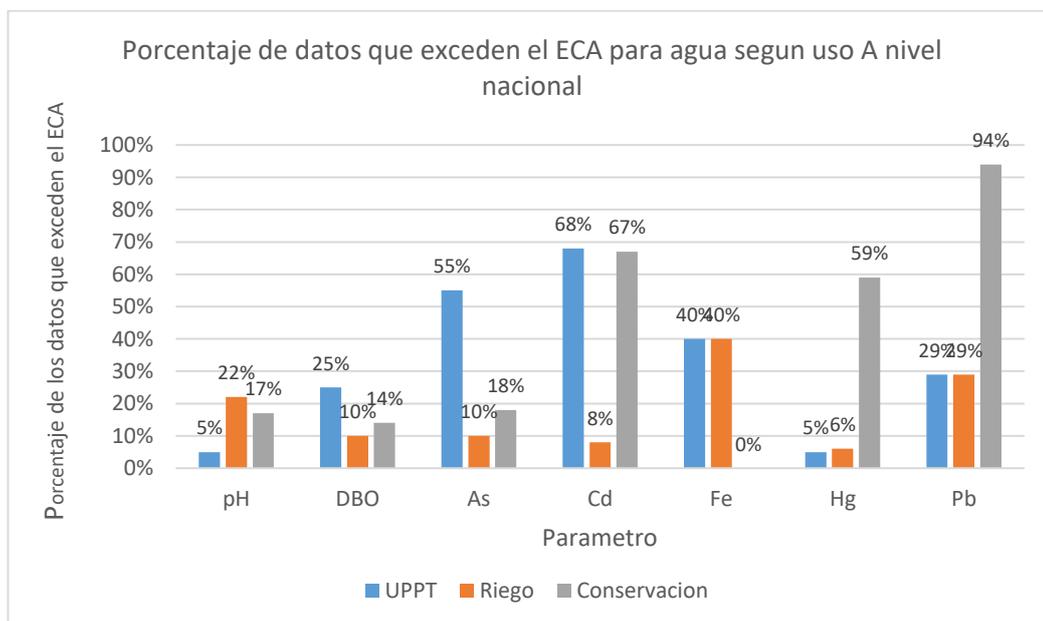
Por otro lado este tipo de residuos en su mayoría tienen características óptimas para su aprovechamiento (Vargas-Corredor & Pérez-Pérez, 2018), por lo que se han venido realizando estudios que tienen el objetivo de darles un valor agregado utilizándolos como subproductos en la producción de materiales (Peñaranda et al., 2017). Hay que considerar

que la falta de disposición de los residuos en su mayoría es porque son costosos, es por eso que la valorización de estos residuos pasarían a ser no solo una estrategia ambiental sino una económica (Vargas-Corredor & Pérez-Pérez, 2018).

4. Situación actual del agua en el Perú

En cuanto al estado situacional de calidad de agua en el Perú, se determinaron los porcentajes de datos que exceden el ECA a nivel nacional según al Uso Poblacional Previo Tratamiento (UPPT), Uso riego vegetales y bebidas de animales, Uso conservación ambiente acuático (Figura 1) donde evaluaron los parámetros (pH, Demanda Biológica de Oxígeno, arsénico, cadmio, fierro, mercurio, Plomo) (Organización Panamericana de Salud, 2016).

Figura 1. Situación de la calidad de agua

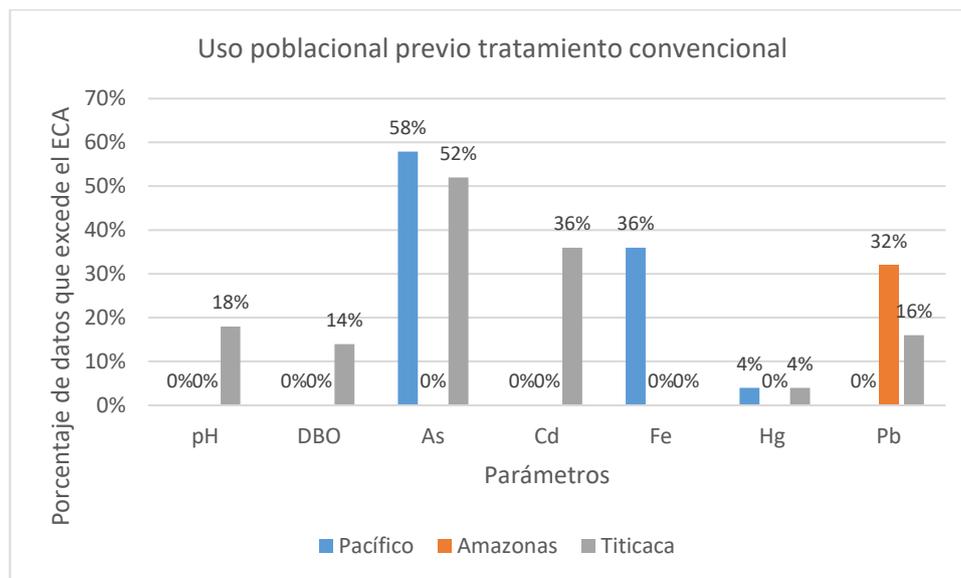


Fuente : (Organización Panamericana de Salud, 2016)

Se reportó que los metales que exceden el ECA en el caso de Uso Poblacional Previo Tratamiento (UPPT) fueron cadmio, arsénico y plomo en mayor porcentaje (Figura 1). Esto llevo a que se realice un exhaustivo análisis en el uso poblacional en relación a sus

vertientes, es por ello que se evaluó el porcentaje de datos que exceden el ECA por región hidrográfica. De las tres vertientes analizadas (Titicaca, Pacífico, Amazonas) plomo, cadmio y arsénico superan el ECA (Figura 2).

Figura 2. Situación de la calidad de agua para el uso poblacional previo tratamiento convencional



Fuente: (Organización Panamericana de Salud, 2016)

En el caso de Lima solo el 9,2 % del total de aguas residuales son tratadas, esto quiere decir que el 90,8% son descargadas directamente al río Rímac o al mar, consideradas descargas domiciliarias e industriales, originando problemas de contaminación como alteración de especies y equilibrio hídrico, proliferación de enfermedades entre otros (Soto & Siura, 2018).

5. Contaminación por metales pesados

Uno de los problemas ambientales más severos es la contaminación por metales pesados a cuerpos de aguas, suelos y aire ya que comprometen la seguridad alimentaria que se dan por vía antrópica y natural, donde las actividades a resaltar son las emisiones y desechos industriales, irrigación de aguas residuales durante los procesos de siembra, en el caso de bioacumulación con metilmercurio de algas y fitoplancton que posteriormente son ingeridos por peces que pasan luego a ser consumidos y de forma natural por la presencia de metales en rocas. Una de las características de los metales pesados es que no pueden ser creados o degradados, por lo que al entrar al ecosistema acuático son transformados por procesos biogeoquímicos distribuyéndose a varias especies con distintas características físicas como químicas (Reyes, Torres, Diaz, & Gonzales, 2016).

Los efectos tóxicos dependen del tipo de metal, el cadmio (Cd), trae consecuencias en el hígado y riñón por su acumulación produciendo daños irreversibles y cancerígenos aun para concentraciones muy pequeñas (Lenntech, 2019).

El plomo (Pb) es un metal absorbido por ingestión y por contacto dérmico, produce una disminución de función renal hasta llegar a fase crónica, la presencia de este metal disminuye la producción de hemoglobina por lo que puede causar anemia, trae efectos cardiovasculares ya que contribuye con el desarrollo de la hipertensión. En niños se observaron problemas con el desarrollo, conducta y dificultades en la pronunciación, en gestantes se dan casos de abortos y complicaciones durante la gestación (Poma, 2013).

Para mercurio (Hg) su toxicidad dependerá la fase química en la que se encuentre, siendo el metilmercurio las forma más tóxicas, se da una mayor absorción por contacto por la piel, son muy tóxicos para organismos acuáticos y su ingreso a la cadena alimentaria se da por la bioacumulación en los peces. El efecto de una exposición causa neumonitis,

alteraciones al sistema nervioso central, alteraciones oculares, alteraciones digestivas y perturbaciones del comportamiento (Ramírez, 2013).

En el caso de arsénico (As) en aguas superficiales y subterráneas se encontró As (V) sobre As (III) que son mucho más tóxicos. El efecto toxicológico trae problemas respiratorios, cardiovasculares, gastrointestinales y efectos cancerígenos (Medina, Robles, Mendoza, & Torres, 2018).

Estudios demostraron que una de las causas principales del ingreso de los metales pesados en el cuerpo humano es a través de los sistemas hídricos, debido a que interactúan con productos de consumos humano como son los vegetales y animales que conforman la cadena trófica (Reyes et al., 2016).

6. Aplicaciones generales de los residuos

De forma general los residuos agroindustriales tienen una clasificación según su uso en donde pueden ser empleados en la fermentación de metabolitos de interés (Vargas-Corredor & Pérez-Pérez, 2018) o también llamado valorización biológica y química (Peñaranda et al., 2017), como insumo en la obtención de combustibles (Vargas-Corredor & Pérez-Pérez, 2018) y por último en la reducción del volumen y recuperación de energía por medio de procesos térmicos (Peñaranda et al., 2017) como es el caso de la formación de compost (valorización térmica) o como insumo de alimentos para animales, asimismo se considera como alternativa de recuperación o tratamiento de un medio contaminado por medio de un proceso de pirolisis (Vargas-Corredor & Pérez-Pérez, 2018). Otros mencionan a este método de tratar a los residuo térmicamente como biochar (Mohan, Sarswat, Ok, & Pittman, 2014).

6.1. Los residuos utilizados en la remoción de metales y sus eficiencias

Existen estudios de diferentes residuos industriales que tienen buena capacidad de remoción de metales pesados en donde también se aplica una diversidad de técnicas

convencionales para dar condiciones de Adsorción (Caviedes Rubio, Muñoz Calderón, Perdomo Gualtero, Rodríguez Acosta, & Sandoval Rojas, 2015). La adsorción es un mecanismo de intercambio iónico o mecanismo fisicoquímico que se da gracias a la presencia de lignina, grupos funcionales y propiedades superficiales (Barrera & Ortiz, 2018). A continuación, se desarrollará los procesos de algunos de los residuos y la capacidad de remoción de metales pesados.

6.1.1. Adsorción con residuos de Sábila

La sábila es una planta suculenta que crece de forma silvestre en zonas tropicales y subtropicales y se adapta a lugares con escasas de aguas (Aloe Medical Grup, 2019). Para la preparación del adsorbente solo emplearon la parte verde sin gel que fue lavado con agua y HCl al 0.01 mol/l, seguidamente se redujo el tamaño y se realizó un tratamiento térmico de 72 horas a una temperatura de 80°C y posterior molido y tamizado. Finalmente se prepararon las soluciones patrón de Zn, Pb y Cd a 230ppm que se pusieron en contacto con el adsorbente. La remoción de cadmio plomo y zinc fue 81.07%, 72.98% y 65.93% respectivamente con un tiempo de contacto con el adsorbente de 2 horas a 6 horas, obteniendo una mayor adsorción a un pH de 5 (Huamán, 2015).

6.1.2. Adsorción con residuos de Cacao

La mazorca o cáscara del cacao fue previamente lavando con abundante agua destilada para eliminar taninos, resinas y otros que pueden intervenir en el proceso. Luego fue sometieron a un tratamiento térmico de 24 horas a una temperatura de 90°C, seguidamente fue pasado por un molino de cuchillas para clasificarlo con un tamizador de malla 0,5mm. El sistema que utilizaron fue continuo de cuatro lechos en paralelo con diámetro de 3,5cm y una altura de 18,5 cm a una la velocidad de flujo del sistema 3.6 L/h en cada lecho, con un pH de 6. Finalmente se obtuvo una remoción de iones de plomo en un 91.32% y para el caso de cadmio una remoción de 87.80%, se mantuvo a un pH 6 y

con una densidad del flujo de 0.0365g/cm^3 . Se concluyó que la cáscara de cacao tiene una buena capacidad de remoción de cadmio y plomo en agua (Lara et al., 2017).

6.1.3. Adsorbente con residuos de Almazara y Orujera

Los residuos procedentes de la industria de la extracción de aceite de oliva (almazara y orujera), fueron secados, molidos y homogenizados, para así pasar al proceso de pirólisis a $550\text{ }^\circ\text{C}$ durante 50 min. Luego pusieron en contacto el material adsorbente con soluciones preparadas de CuCl_2 , ZnCl_2 y dibenzofurano (dioxina). Se concluyó que los residuos son buenos adsorbentes de metales pesados y del dibenzofurano, ya que se obtuvo una eficiencia alrededor del 90%. Se considera que el tratamiento térmico de los residuos permitió la formación de estructuras de anillos aromáticos condensados como es el caso de grafeno, generando un mecanismo de atracción electrostática que permitió la remoción. Por lo que consideraron al almazara y orujera como un buen adsorbente (Cox & Cornejo, 2016).

6.1.4. Adsorción con Cascarilla de arroz

Los residuos procedentes del pelado del arroz fueron sometidos a tres tratamientos. El primero consistió en un lavado con agua y un secado por 60 min a una temperatura de 120°C . El segundo tratamiento consistió en poner en contacto con ácido H_3PO_4 de 1:5 posterior al lavado para luego un secado a 120°C durante 60 min e incinerado a 450°C por 1 hora. En el tercer tratamiento consistió en la activación a 600°C , con un tiempo de 30 min y una concentración de 1% p/p de NaOH posterior al lavado. Se aplicó los diferentes materiales con una solución de cromo durante una hora obteniendo una mejor eficiencia con el tercer tratamiento con 72.8% de remoción de cromo (Vargas-Corredor & Pérez-Pérez, 2018).

6.1.5. Adsorción con cáscara de plátano

La cáscara de plátano lavada se expuso a 40°C durante seis días, luego el material seco fue molió usando un mortero y se tamizo obteniendo tamaños de 1 y 2 mm, el material obtenido fue puesto en contacto con NaOH 0.5N durante 20 min. Posteriormente lo enjuagaron con agua destilada cuatro veces para eliminar el exceso de NaOH. Finalmente, los polvos se secaron nuevamente a 40°C de temperatura. La eficiencia que obtuvieron para la adsorción de cadmio, cobre y plomo en un lecho fijo fue de 67.2% de cadmio, 36% de cobre y 65.5 % de plomo (Kelly, K. & Cerro, 2012).

6.1.6. Adsorción por cáscara de Naranja

La cáscara de Naranja fue secada a 40°C durante seis días, luego molida y tamizada hasta tamaño de 1mm, el material obtenido tuvo contacto con NaOH 0,5N durante 20 min. Luego de enjuagada con agua destilada cuatro veces para eliminar el exceso de NaOH, los polvos se secaron nuevamente a 40°C de temperatura. La adsorción fue comparada con el control que no incluía el NaOH. Se evaluó la eficiencia de remoción mediante un sistema de lecho fijo con soluciones del cadmio, cobre y plomo obteniéndose una adsorción de 28,8% de cadmio, 67,2% de cobre y 76,8 % de plomo (Kelly, K. & Cerro, 2012).

6.2. Mecanismo de acción de los residuos para la remoción de metales pesados

La remoción de metales pesados se da gracias a que los materiales carbonosos presentes y sus propiedades de alta área superficial, así como los volúmenes de microporos y mesoporos hacen que sea utilizado en el proceso de adsorción (Bogusz, Oleszczuk, & Dobrowolski, 2015), el cual permite establecerse una superficie heterogénea con varios puntos de activación por las diferentes multicapas en la superficie (Tejada-Tovar, Villabona-Ortíz, Paternina, Caballero, & Granados, 2018). Asimismo, se dio que el tamaño de las partículas tiene un efecto con la adsorción, encontrándose que el tamaño más pequeño produce mejores resultados. Sin embargo, en partículas muy pequeñas se da el

efecto de capilaridad produciendo una mayor retención del líquido (Kelly, K. & Cerro, 2012).

7. Retos

Actualmente la agroindustria tiene un gran valor económico, productivo y ambiental. En el ámbito ambiental, el manejo de los residuos agroindustriales no es solo una exigencia según las normas que se presentan dependiendo del país, sino que está sujeta a oportunidades o amenazas que estos pueden generar (Cury R et al., 2017).

La agroindustria debe considerar el pensamiento sostenible y procurar el desarrollo de conciencia ambiental, con el fin de pensar en las futuras generaciones. Los diferentes subproductos que se generan en las diferentes etapas en la agroindustria (siembra, manejo y comercialización) son parte de un problema de residuos en diferentes partes del mundo y más en los países pioneros en este tipo de industrias. Por lo que es necesario de que los subproductos se consideren útiles y pasen a contribuir a los ingresos económicos (Cury R et al., 2017) y no generen un problema ambiental, sino más bien un beneficio en recuperación de los diferentes impactos antropológicos.

8. Conclusión

La contaminación de aguas por metales pesados se da mundialmente, en el caso de Perú la mayor incidencia de contaminación de cuerpos de agua con metales pesados en nuestro país es en región de la selva y la región hidrográfica de Amazonas.

La región selva es quien presenta más cantidad de residuos agroindustriales por la producción de palma aceitera, cacao, café, almazara entre otros; en la costa encontramos a los fructíferos y en la sierra restos foliares. Muchos de estos residuos orgánicos presentan una eficiente capacidad de remoción de metales luego de pasar por un tratamiento térmico o químico con agentes ácidos, que activan su capacidad de

adsorción, esta característica de los residuos luego de un tratamiento puede ser empleadas en el tratamiento de aguas contaminadas con metales pesados.

9. Referencias Bibliográficas

Agencia Agraria de Noticias. (2018). El 93% de la producción peruana de cacao se concentra en 7 regiones.

Agraria Oficina de Planificación. (2015). *Plan Estratégico Regional de sector Agrario Madre de Dios 2008-2015*. 1–67.

Aloe Medical Grup. (2019). La botánica de Aloe Vera. Recuperado de <https://www.aloe-medical-group.com/es/aloe-vera/botanica.html>

ANA. (2019). *Regiones Hidrograficas del Perú*. Recuperado de https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fsinia.minam.gob.pe%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Farchivos%2Fpublic%2Fdocs%2F745.jpg&imgrefurl=http%3A%2F%2Fsinia.minam.gob.pe%2Fmapas%2Fmapa-regiones-hidrograficas-peru-ilac-2008&tbnid=ZWQG4-_mIJZ8M&vet=1

BancoMundial. (2018). Informe del Banco Mundial: Los desechos a nivel mundial crecerán un 70 % para 2050, a menos que se adopten medidas urgentes. Recuperado de <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2018/09/20/global-waste-to-grow-by-70-percent-by-2050-unless-urgent-action-is-taken-world-bank-report>

Barrantes, R., & Hopkins, A. (2015). Agroindustria y pobreza- el caso de Perú. *Serie Documento de Trabajo N° 154, Grupo de Trabajo Desarrollo con Cohesión Territorial, programa Cohesión Territorial para el Desarrollo*.

Barrera, J., & Ortiz, H. (2018). *Biosorción de Cromo VI en soluciones acuosas con cascarilla*

- de cacao modificada con Ácidos Cítrico* (Vol. 10). Recuperado de [https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/4275/Documento tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/4275/Documento%20tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Bogusz, A., Oleszczuk, P., & Dobrowolski, R. (2015). Application of laboratory prepared and commercially available biochars to adsorption of cadmium, copper and zinc ions from water. *Bioresource Technology*, 196, 540–549. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.08.006>
- Caviedes Rubio, D. I., Muñoz Calderón, R. A., Perdomo Gualtero, A., Rodríguez Acosta, D., & Sandoval Rojas, I. J. (2015). Tratamientos para la Remoción de Metales Pesados Comúnmente Presentes en Aguas Residuales Industriales. Una Revisión. *Ingeniería y Región*, 13(1), 73. <https://doi.org/10.25054/22161325.710>
- CONCYTEC. (2019). El material del futuro aguarda en los desechos forestales de la selva. Recuperado de <https://portal.concytec.gob.pe/index.php/noticias/1693-el-material-del-futuro-aguarda-en-los-desechos-forestales-de-la-selva>
- Cox, L., & Cornejo, J. (2016). *Ensayo con Bioindicadores procedentes de residuos de Almazara y Orujera para la eliminación de contaminantes en aguas*. 287–291.
- Cumbicus, A., & Lopez, M. (2014). *Loreto -Síntesis de Actividad Económica 2019*. 1–34.
- Cury R, K., Aguas M, Y., Martinez M, A., Olivero V, R., & Chams Ch, L. (2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 9(S), 122. <https://doi.org/10.24188/recia.v9.ns.2017.530>
- Dirección General De Intervenciones Estratégicas en Salud Pública. (2019). *Metales pesados y otras sustancias químicas*.

- Eastern Research Group. (2017). *Caracterización y gestión de los residuos orgánicos en América del Norte, informe sintético*. Recuperado de <http://www3.cec.org/islandora/en/item/11770-characterization-and-management-organic-waste-in-north-america-white-paper-es.pdf>
- Glave, M., & Vergara, K. (2016). Modelos de localización de áreas potenciales para el cultivo de palma aceitera sostenible en el ámbito amazónico del Perú. En *¿Agroindustria en la Amazonía? Posibilidades para el desarrollo inclusivo y sostenible de la palma aceitera en el Perú*. Recuperado de <http://www.grade.org.pe/en/publicaciones/modelos-de-localizacion-de-areas-potenciales-para-el-cultivo-de-palma-aceitera-sostenible-en-el-ambito-amazonico/>
- Huamán, R. (2015). *Universidad Nacional Del Centro Del Peru*. 10–11.
- Huang, Z., Pan, X. D., Wu, P. G., Han, J. L., & Chen, Q. (2014). Heavy metals in vegetables and the health risk to population in Zhejiang, China. *Food Control*, 36(1), 248–252. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.08.036>
- Kelly, K. & Cerro, M. e. al. (2012). *Biosorción de metales pesados en agua contaminada, utilizando diferentes residuos de corteza de fruta.pdf*.
- Lara, J., Tejada, C., Villabona, A., & Arrieta, A. (2017). Adsorción de plomo y cadmio en sistema continuo de lecho fijo sobre residuos de cacao. *Revista Ion, Investigación, Optimización y Nuevos procesos en Ingeniería*, 29(2), 111–122. <https://doi.org/10.18273/revion.v29n2-2016009>
- LaRepública. (2019). *¡Alarmante! 80% de fuentes de agua contiene metales pesados en Moquegua*. Recuperado de <https://larepublica.pe/sociedad/1438121-moquegua->

80-fuentes-agua-contiene-metales-pesados/

Lenntech. (2019). Cadmio. Recuperado de

<https://www.lenntech.es/periodica/elementos/cd.htm>

López, Y. M., González, M. G., & Rodríguez, E. M. (2014). Impacto ambiental de residuos industriales de aserrín y plástico . Usos para la industria de tablero en Cuba. *Revista científica Avances*, 16(2), 89–97.

Loyo Núñez, S. (2015). *Exportación de cascaras, películas y demas residuos de cacao hacia Perú , Años 2015.*

Medina, M., Robles, P., Mendoza, M., & Torres, C. (2018). Artículo de Revisión Arsenic : Impact in Human Nutrition and Health. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*, 35(1), 93–102. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.351.3604.93>

MINAGRI. (2012). Aprueban Reglamento de Manejo de los Residuos Sólidos del Sector Agrario. Recuperado de <https://www.minagri.gob.pe/portal/marco-legal/normas-legales66/decretos-supremos68/2012/8241-decreto-supremo-n016-2012-ag>

MINAM. (2012). *Informe Anual de Residuos sólidos Municipales y no Municipales en el Perú Gestión 2012.* Recuperado de <http://www.redrrss.pe/material/20140423145035.pdf>

MINAM. (2019). Programa de Incentivos a la mejorar de la Gestión Municipal 2019. Recuperado de https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_publ/migl/metas/Presentacion_Residuos_B.pdf

MINCETUR. (2017). *REPORTE REGIONAL DE COMERCIO Exportaciones Sector – Producto.*

1–4.

Mohan, D., Sarswat, A., Ok, Y. S., & Pittman, C. U. (2014). Organic and inorganic contaminants removal from water with biochar, a renewable, low cost and sustainable adsorbent - A critical review. *Bioresource Technology*, *160*, 191–202. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.01.120>

Nafarroako Gobernua. (2016). *Plan de residuos de Navarra 2017-2027*. 492. Recuperado de https://gobiernoabierto.navarra.es/sites/default/files/3295_plan_pigrn_anexo.pdf

OMS. (1984). Guía para la calidad del agua potable. *WHO Chronicle*, *38*(3), 104–108.

ONU. (2019). Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>

Organización Panamericana de Salud. (2016). *Minimización de Riesgos Para La Salud Por Metales Pesados En El Agua De Consumo Humano*.

Peñaranda, L. victoria;; Montenegro, S. patricia;; & Giraldo, P. A. (2017). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, *8*(2145–6097), 141–150. Recuperado de <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/2040/2293>

Plataforma Educativa de Recursos Digitales. (2019). Agricultura en la Costa Peruana. Recuperado de <https://carpetapedagogica.com/agriculturadelacostaperuana>

Poma, P. (2013). Intoxicación por plomo en humanos. *Anales de la Facultad de Medicina*, *69*(2), 120. <https://doi.org/10.15381/anales.v69i2.1155>

- Ramírez, A. V. (2013). Intoxicación ocupacional por mercurio. *Anales de la Facultad de Medicina*, 69(1), 46. <https://doi.org/10.15381/anales.v69i1.1184>
- Reyes, C., Torres, E., Diaz, M., & Gonzales, E. (2016). CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS: IMPLICACIONES EN SALUD, AMBIENTE Y SEGURIDAD ALIMENTARIA. *The Indian Journal of Pediatrics*, 24(1), 14. <https://doi.org/10.1007/BF02796157>
- Serna, E. (2017). Desarrollo e innovación en energía. *Desarrollo e innovación en ingeniería*, 588–602. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/84779479.pdf>
- Soto, N., & Siura, S. (2018). Panorama de experiencias de agricultura urbana en Lima Metropolitana y Callao. En *Cuadernos de Agricultura Urbana* (Vol. 5).
- Tejada-Tovar, C., Villabona-Ortíz, Á., Paternina, J., Caballero, V., & Granados, C. (2018). Optimización de parámetros para la construcción de la curva de ruptura en la adsorción de Cr(VI) sobre cáscara de cacao. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 21(1), 167–177. <https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n1.2018.675>
- Van Dam, J. (2016). Subproductos de la palma de aceite como materias primas de biomasa*. *Revista Palmas Especial, Fedepalma*, 37, Tomo I(Especial), 149–156.
- Vargas-Corredor, Y., & Pérez-Pérez, L. I. (2018). Use of Agro-Industrial Waste in Improving the Quality of the Environment. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 14(1), 1–14. <https://doi.org/10.18359/RFCB.3108>

