



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS PARA LA FABRICACIÓN DE
PRODUCTOS AGRÍCOLAS”

Trabajo de investigación para optar el Grado Académico de:
Bachiller en INGENIERÍA AMBIENTAL

Presentado por:

Thamia Soluna Muñoz Rodríguez (0000-0002-6737-9567)

Asesor:

Alexander Díaz Sotil (0000-0002-7723-2286)

Lima – Perú

2020



RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N°197-2020-DACIA-DAFCA-U.CIENTÍFICA.

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Lima 26 de octubre de 2020

VISTO:

La revisión realizada y la aprobación de Trabajo de Investigación titulado: **REUTILIZACION DE RESIDUOS PARA LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS**, presentado por:

- **Thamia Soluna Muñoz Rodríguez**

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: **REUTILIZACION DE RESIDUOS PARA LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS** con N° de registro de la carrera: **066-FCA-IAM**.

Nombrar al docente/colaborador **Alexander Emanuel Diaz Sotil** 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

REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS PARA LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS

Thamia Muñoz Rodríguez^{1*}, Alexander Díaz Sotil²

¹ *Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Científica del Sur. Lima – Perú*

² *Société Générale de Surveillance Perú. Lima - Perú*

* *Correo de correspondencia: thamia.soluna@hotmail.com*

RESUMEN

La problemática de los residuos sólidos es un tema que abarca, no solo al Perú, sino también, a todo el mundo. La generación excesiva y el insuficiente e inadecuado manejo de los residuos representan una amenaza a la estabilidad de los ecosistemas y a la vida que ellos albergan, incluida la nuestra. A nivel mundial, se generan más de 300 megatoneladas de residuos al año y, en el Perú, más de 7 millones de toneladas por día. En cuanto a calidad de suelo y agua, los suelos del Perú se encuentran contaminados y la gestión del recurso es inadecuada; en ese sentido, la calidad de los cuerpos de agua se ve amenazada por la gestión poco eficiente de los efluentes y por el inadecuado ordenamiento territorial. Entonces, para disminuir el impacto de la generación de los residuos en el ambiente se considera como alternativas a la economía circular y valorización de los residuos.

En el presente documento, se busca exponer la problemática de los residuos sólidos a nivel mundial y en el Perú. Asimismo, describir la situación actual de la industria pesquera y el sector agrícola junto con sus problemáticas y posibles métodos de transformación de los residuos procedentes de la fabricación de aceites de pescado. Finalmente, se propone el proceso de transesterificación para la conversión del glicerol en carbonato de glicerol y, por sus características y naturaleza biodegradable, se plantea su uso como activador de plantas y raíces como solución a dos de los problemas planteados inicialmente: la contaminación del suelo por uso excesivo de agroquímicos y la generación excesiva de este residuo en la industria peruana.

Palabras clave: residuos sólidos, residuos industriales, valorización de residuos, industria de aceite de pescado

ABSTRACT

The problem of solid waste is an issue that includes not only Peru, but also the entire world. Excessive generation and insufficient and inadequate management of waste represent a threat to the stability of ecosystems and the life they host, including ours. Worldwide, more than 300 megatons of waste are generated per year and, in Peru, more than 7 million tons per day. As for soil and water quality, the soils of Peru are contaminated and the management of the resource is inadequate; In that sense, the quality of the water bodies is threatened by the inefficient management of effluents and by the inadequate territorial planning. So, to reduce the impact of the generation of waste in the environment is considered as alternatives to the circular economy and recovery of waste.

In this document, we seek to expose the problem of solid waste worldwide and in Peru. Likewise, describe the current situation of the fishing industry and the agricultural sector together with its problems and possible methods of transformation of waste from the manufacture of fish oils. Finally, the transesterification process is propounded for the conversion of glycerol into glycerol carbonate and, due to its characteristics and biodegradable nature, its use as a plant and root activator is proposed as a solution to two of the problems initially raised: soil contamination due to excessive use of agrochemicals and the excessive generation of this waste in Peruvian industry.

Keywords: solid wastes, industrial wastes, residue valorization, fish oil industry

REVISIÓN TEÓRICA

Los residuos sólidos se definen como materiales de descarte que carecen de valor de uso inmediato y son productos o subproductos de actividades humanas (Mishra et al., 2014). Se pueden clasificar según su origen, composición o características. Según el origen o procedencia, se identifican los residuos domésticos, comerciales, industriales, agropecuarios, entre otros. De acuerdo con la composición, pueden ser cartones, papeles, plásticos, material orgánico, vidrios, metales y otros. Asimismo, se debe tener en cuenta el sector o industria de procedencia, ya que las características varían de acuerdo con el proceso en el que fueron generados (Rondón Toro et al., 2016).

En el Perú, los residuos sólidos se definen como los objetos, materiales, sustancias o elementos que provienen de una actividad humana, sea uso o consumo, y son dispuestos por su dueño. Pueden ser sólidos o semisólidos. La normativa nacional hace énfasis en la valorización de los residuos con la disposición final como última opción. Para ello, se establece una jerarquía para el manejo de residuos (Decreto Legislativo N° 1278. Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, 2016):

1. Barrido y limpieza de espacios públicos: se refiere a las actividades limpieza de áreas comunes, donde el encargado es el gobierno local como municipalidades.
2. Segregación: es la etapa en donde los residuos generados son separados por características comunes, la separación se realiza por material original: papel, vidrio, plásticos, orgánicos, entre otros.
3. Almacenamiento: se almacenan los residuos hasta su recolección, el almacenamiento debe ser realizado de acuerdo con las características del residuo para evitar contaminación por su liberación.
4. Recolección: esta etapa del proceso puede ser realizada por parte de la municipalidad o por terceros, como las EO-RS. Estas son empresas operadoras de residuos sólidos y se encargan de recolectar y disponer de los residuos, esto depende de las características del residuo.
5. Valorización: en la ley de la Gestión Integral de Residuos Sólidos N° 1278 del se establece la valorización de los residuos como parte de la jerarquía y se busca asignar valor como posible materia prima.

6. Transporte: las acciones de transporte de residuos deben ser adecuadas y controladas para evitar dispersión en el medio ambiente.
7. Transferencia: se realizan, por lo general, en plantas de transferencia y se refiere al trasvase de residuos por medio de estructuras e instalaciones entre vehículos.
8. Tratamiento: todos aquellos residuos que representen un peligro en su estado original deben ser sometidos a tratamiento para reducir los posibles impactos ambientales.
9. Disposición final: es el proceso de disposición de los residuos que no poseen valor alguno ni capacidad para reciclaje o reúso. Se debe realizar adecuadamente en rellenos sanitarios o de seguridad, según las características del residuo.

Asimismo, incluye en la definición a aquellos gases o líquidos que no puedan ser tratados con el resto de los residuos de su misma naturaleza. La clasificación puede ser de acuerdo con su peligrosidad: peligrosos y no peligrosos; según su origen: industrial, comercial, doméstico; o según su manejo: municipales o no municipales (Decreto Legislativo N° 1278. Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, 2016).

Por otro lado, la normativa está basada en una serie de principios, los cuales establecen los lineamientos a las políticas de residuos sólidos. Uno de los principios es el de economía circular, que es un modelo de procesos cíclico que busca la recuperación de los materiales y energía de productos y servicios entre industrias. Para ello se busca e incentiva la creación de valor a lo largo del ciclo de vida de todos los materiales (Prieto Sandoval et al., 2017). Otro principio importante es la valorización de residuos, donde se especifica que los residuos generados poseen un valor económico en potencia. Es por ello por lo que las empresas buscan reaprovechar al máximo sus residuos, abaratando costos y, en algunos casos, generando ingresos extras por la comercialización de sus residuos (Jacobsen, 2006).

La inclusión de la economía circular en las empresas es un proceso necesario para la reducción de los impactos ambientales por la generación de residuos sólidos. Actualmente, son muchos los esfuerzos realizados por las empresas e instituciones para crear una red de aprovechamiento donde los residuos generados por unas industrias puedan ser utilizados como una materia prima de otra. Este tipo de interacciones entre empresas forma una simbiosis que genera impactos positivos en el ambiente y en las empresas, puesto que genera ingresos adicionales y mejora la imagen corporativa

(Jacobsen, 2006). Asimismo, estos procesos permiten generar nuevas industrias que se encarguen de la revalorización de estos materiales de descarte y se amplían y diversifican las industrias. Esto trae impactos positivos en la sociedad, ya que se genera nuevos puestos de trabajos y se dinamiza el comportamiento de la sociedad y su desarrollo normal de actividades (Kirchherr et al., 2017; Liu et al., 2014). En la actualidad, el tema de la generación de los residuos sólidos representa un problema importante para las industrias y para los gobiernos encargados de la gestión y disposición final de los residuos. Si bien es cierto, existen informes que detallan el impacto de los residuos y buscan la concientización acerca del problema, aún es un problema a nivel mundial. Anualmente, se vierten más de 300 megatoneladas de estos desechos a los mares, ríos y lagos (Rodríguez et al., 2018), esto sucede también con los efluentes, se calcula que son vertidos más de dos millones de toneladas de efluentes al día. Se calcula que la diversidad global de flora y fauna se ve reducida en un tercio por la contaminación del agua. En cuanto a la población, según el reporte 25 Progress on Sanitation and Drinking Water de UNICEF, un noveno de la población usa agua de fuentes inseguras, lo cual representa riesgos para su integridad física. En el mismo informe se menciona que, a nivel mundial, aproximadamente dos millones no tienen acceso a agua potable, es decir, toda el agua disponible para ellos no tiene tratamiento previo (UNICEF & WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2015).

En el Perú, la problemática de los residuos sólidos se basa, principalmente, en la inadecuada gestión y la insuficiente infraestructura para la disposición final de los residuos, tanto industriales como domésticos y comerciales. Se calcula que, en Lima, se genera casi 0.65 kg de residuos sólidos por persona, lo cual suma un total de, aproximadamente, 7400 toneladas de residuos municipales por día. A nivel nacional, se registraron más de 7 millones de toneladas de estos residuos por día, de los cuales casi 30% son no domiciliarios (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2014)

Actualmente, se encuentran en funcionamiento 52 rellenos sanitarios que cubren la demanda de servicios de disposición final a toda la población peruana. Por otro lado, se encuentran los rellenos de seguridad que son estructuras habilitadas y preparadas para la disposición de residuos no convencionales o peligrosos (Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos, 2019)

Este tipo de residuos son caracterizados según su naturaleza, composición u origen; sin embargo, para ser considerados peligrosos deben poseer alguna de las siguientes características (Decreto Legislativo N° 1278. Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, 2016):

- Toxicidad: se considera tóxico según la escala de DL50 que es la dosis necesaria para eliminar a la mitad de una población de animales de prueba.
- Reactividad: se refiere a la inestabilidad de las sustancias. Por ejemplo, reacciones violentas rápidas o generación de vapores, gases, entre otros. También se le considera reactivo si presenta en su composición sulfatos o aniones de cianuro.
- Explosividad: se considera que un material es explosivo cuando posee esta característica a 25°C y a una atmósfera de presión.
- Inflamabilidad: se le conoce a un material como inflamable cuando posee un punto de ignición menor a 60°C.
- Corrosivo: cuando posee un pH mayor a 12.5, básico, o un pH menor o igual a 2, ácido.
- Patógeno: cuando el material o sustancia presenta microorganismos patógenos.

Todos los residuos que posean alguna de las características mencionadas en el listado anterior, deben ser tratados como residuos sólidos peligrosos, es decir, su manejo debe ser realizado de manera controlada, con almacenamiento adecuado, tratamiento previo (de ser necesario) y una disposición final en estructuras apropiadas. Los rellenos de seguridad cuentan con un diseño y construcción especializada para la contención y disposición de esta clase de residuos (Decreto Legislativo N° 1278. Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, 2016).

Sin embargo, existe un desequilibrio entre demanda del servicio y la oferta, lo cual genera sobre costos en transporte y tratamiento. Así como también, genera infraestructuras colapsadas, esto conlleva a afectaciones prediales y ambientales, ya que las estructuras no son capaces de soportar la cantidad de material. Cuando esto ocurre se liberan lixiviados al ambiente que contaminan el suelo y cuerpos de agua, ya sean subterráneos o superficiales (Intergovernmental Technical Panel on Soils, 2015)

La alteración de la calidad del suelo por el inadecuado manejo de residuos sólidos es un tema prioritario para los gobiernos. Se sabe que la alteración del recurso suelo genera

cambios directos en el funcionamiento normal de los ecosistemas. Esto conlleva a una alteración de diversos ciclos naturales y servicios ecosistémicos aprovechables (ciclo del agua, producción de madera, ciclo del carbono, entre otros). Asimismo, entre sus impactos se encuentra la alteración y disminución de la biodiversidad, disminución de la capacidad de producción de alimentos, pérdida de fertilidad de suelos, entre otros. Estos impactos amenazan la capacidad de las siguientes generaciones para acceder a los recursos y aprovechar de ellos (Rodríguez et al., 2018).

Específicamente en el Perú, existe una problemática con la gestión del recurso suelo, por ejemplo, si se realiza una comparación con el resto de la región (América Latina), la relación que existe entre hombre y área de suelo, en el tema de producción alimentaria, es limitada y baja. Esto se debe, principalmente, al inadecuado manejo de residuos, ya sean domiciliarios o industriales. Tal es el caso de los suelos contaminados en La Oroya, los cuales se ven afectados por la presencia de arsénico, antimonio, cadmio, mercurio, entre otros (Díaz, 2016).

La presencia de este tipo de sustancias evidencia un ineficiente sistema de gestión y control de los suelos, sobre todo, los destinados a sectores de producción e industrias. Se identifica como principal causa de la contaminación de suelos a la ausencia de control y fiscalización de las actividades mineras e industriales, a la incorrecta disposición de residuos líquidos y sólidos, la ocupación desordenada del territorio, cambios de uso de suelo, uso de químicos y liberación de productos industriales al ambiente (Díaz, 2016).

La generación de residuos y su incorrecta disposición y gestión generan no solo impactos en el recurso suelo, sino también, en el recurso agua. Para el 2017, casi el 80% de efluentes producidos en industrias son vertidos en suelos y en el agua sin ningún tipo de tratamiento o control. En países como el nuestro (vías de desarrollo), este porcentaje es aún mayor, alcanzando el 95% de efluentes vertidos sin tratamiento (UNESCO, 2017). Se sabe que menos del 0.5% de agua del planeta es agua dulce y potable, por lo que, su protección se convierte en una prioridad al ser un recurso escaso (Damania et al., 2019). El Perú cuenta con la mayor reserva de agua de la región y pertenece a los 20 países con mayor disponibilidad de agua a nivel mundial, pero la distribución de la población y la disponibilidad de agua no concuerdan. Existen 3 cuencas en el país, la que posee mayor flujo de agua es la cuenca del Amazonas, sin embargo, esta solo alberga al 29.9% de la población. Mientras que la cuenca del Pacífico (Costa) alberga al 65% de la población y

solo posee un 1.7% de flujo de agua. Este desequilibrio genera dificultades en la gestión del recurso en el país. A finales de la última década, existía una notable diferencia en el acceso a agua potable: Lima (98.8%), Ucayali (70.8%), Loreto (62.8%). Debido a las industrias predominantes en el Perú, el recurso ha sufrido afectaciones: 12 distritos con niveles de arsénico superiores a 10ug/L en el agua (Gonzales et al., 2014).

Industria de pescado y sus residuos

La industria de pescado está cobrando importancia a nivel mundial y lo mismo sucede en el Perú. En cuanto a la producción de aceites y harinas de pescado, los países con mayores índices de producción son Japón, Estados Unidos, Chile y Perú. Se registra un desarrollo estable de la industria: 1 a 1.25 millones de toneladas anualmente. Si bien es uno de los sectores que más estable se ha mantenido en el tiempo, se espera que el índice de producción de los aceites de pescado aumente (Pike & Jackson, 2010)

El Perú es sede del principal productor de aceite de pescado a nivel mundial: TASA. Esta empresa cuenta con procesos para la producción de aceite refinado y concentrado. En el caso de la línea de producción del aceite concentrado, se tiene como principal residuo el glicerol. Este tipo de industrias en crecimiento generan una cantidad importante de residuos. Solo en el 2019, se registró un crecimiento de la extracción por pesca de 42.6% con un volumen de 112.6 miles de TM solo en agosto de ese año (Ministerio de la Producción, 2019).

La tendencia mundial en la gestión de residuos está enfocada en el reaprovechamiento y valorización de los residuos. En muchos casos, para poder lograr este objetivo se deben realizar transformaciones a los residuos. Además, la liberación de residuos al ambiente genera diversos procesos de transformación biótica y abiótica lo que modifica las características iniciales de los residuos, lo cual representa un peligro para el medio ambiente y los seres que alberga (Schäffer et al., 2018).

En cuanto a la transformación de los residuos existen diversos métodos y estudios que dependen de las características del residuo, de la actividad e industria de procedencia. Se ve limitado, también, por el método de transformación: químico, biológico, físico; el presupuesto y la tecnología disponible (Cycon & Piotrowska-Seget, 2006; Kotthoff et al., 2019).

Específicamente, para el caso de glicerol, se tienen diversos procesos, los cuales varían según provenga el residuo, ya que esto determina la composición. Los principales

procesos para el aprovechamiento de este residuo es la generación de biodiesel (Irvan et al., 2018). Sin embargo, existe un derivado del glicerol que posee valor económico importante como materia prima en diversas industrias: el carbonato de glicerol. Presenta baja toxicidad, es volátil, biodegradable, tiene alto punto de ebullición (Sonnati et al., 2013). Estas características lo hacen un solvente ideal en industrias, como, por ejemplo, la industria cosmética. Se usa también en los procesos de separación de gases, en detergentes y se puede emplear como monómero para la formación de otros compuestos. Asimismo, es utilizado como activador de plantas agrícolas (Liu et al., 2014).

Existen diversas rutas para la transformación del glicerol. La más diversificada actualmente es la transesterificación del glicerol para convertirlo en carbonato de glicerol. Esta es una reacción de intercambio de carbonatos entre alcoholes y fuentes de carbonatos. El glicerol es un alcohol simple al reaccionar a temperaturas específicas (según el método) con una fuente de carbonato puede producir el intercambio. La ruta de síntesis más estudiada es la transesterificación con carbonato de dialquilo, donde se utiliza como fuente de carbonato el metanol y urea (Teng et al., 2014).

Otro método ampliamente difundido por la disponibilidad de materiales y su bajo costo es la transesterificación utilizando dimetil carbonato y óxido de calcio como fuente de carbonato. Este método tiene ventaja puesto que es económico y los insumos utilizados no generan impactos negativos en el ambiente (Ochoa-Gómez et al., 2012). Existen estudios donde, por ejemplo, el óxido de calcio es obtenido de cáscaras de huevo recicladas. Por lo que es un método con potencial para la implementación de la economía circular en las industrias (Praikaew et al., 2018).

Sector agrícola en el Perú: problemática

El Perú basa su crecimiento económico en el desarrollo de industrias, en el caso del 2016, se registró un aumento del PBI nacional donde la principal industria que generó ingresos fue la extracción de petróleo, gas y minerales. En el caso de la agricultura esta representó un 1.8% del PBI nacional (Robles & Fajardo, 2017). Lo cual es incongruente, puesto que gran parte de la superficie de las zonas rurales del país son destinadas a áreas de cultivo agrícola. Además, se trata de una actividad que incluye cantidades elevadas de personal y mano de obra. Asimismo, los ingresos económicos relacionados a esta actividad son bajos en comparación a los generados por otras industrias. Esto se

debe, principalmente, a la baja calidad de los insumos utilizados, inadecuado manejo de los suelos y métodos utilizados por los campesinos; ya que la agricultura en el Perú no se realiza, en su mayoría, de forma tecnificada y las técnicas que aplican son rudimentarias (Ministerio de Agricultura y Riego, 2017).

Por otro lado, el uso indiscriminado de fertilizantes y agroquímicos es una preocupación para el gobierno, sobre todo, para el SENASA que es el Servicio Nacional de Sanidad Agraria. En un estudio realizado entre el 2011 y 2015 sobre el uso indiscriminado de pesticidas en el Perú, se determinó que el 50% de productos agrícolas frescos contienen cantidades no adecuadas de agroquímicos. Se menciona también que Perú es uno de los países que presenta de manera regular la superación de límites internacionales en el tema de agroquímicos (Delgado-Zegarra et al., 2018). Por ejemplo, los límites de agroquímicos establecidos por la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos para la importación de los productos; entre el 2014 y 2015, se elaboró un informe donde se enlistan los productos agrícolas rechazados como quinua, naranjas, lechugas, paprika, semillas de quinua, entre otros (Delgado-Zegarra et al., 2018).

El uso de agroquímicos se da, principalmente, por aumentar el crecimiento de las plantas en menor tiempo y para combatir plagas y pestes. Sin embargo, su uso representa riesgos al ambiente, lo cual contribuye a la contaminación de suelos y cuerpos de agua. Por ello, actualmente, se desarrollan opciones más amigables con el medio ambiente como los activadores de plantas y raíces que estimulan el crecimiento de las plantas, a la vez que activan los genes de defensa de estas. Su uso se complementa con otras sustancias, como el ácido salicílico que brindan de protección contra hongos y bacterias. Asimismo, se ha comprobado que el carbonato de glicerol es un compuesto versátil capaz de ser utilizado como activador de plantas por su composición química, ya que al ser biodegradable no representa daños permanentes a los suelos o al agua (Sreeja, 2014).

CONCLUSIONES

En el Perú, se identifican problemas de manejo de residuos sólidos, debido a la reducida cantidad de infraestructuras destinadas a la disposición final de los residuos, domiciliarios e industriales.

Asimismo, se concluye que nuestro país posee un déficit en la gestión de suelos y aguas, esto se debe, principalmente, al crecimiento desorganizado y a una ineficiente gestión de cultura ambiental. En el caso del sector agrícola, se presentan problemas por el uso de agroquímicos tóxicos que generan consecuencias negativas en el ambiente. Finalmente, se concluye que la transformación del glicerol, residuo de la industria productora de aceite de pescado, permitiría una valoración del residuo y posible inclusión en economía circular con las industrias agrícolas. Puesto que posee características propias de su naturaleza que permiten su uso como activador agrícola.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Decreto Legislativo N° 1278. Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, Diario Oficial El Peruano 56 (2016). <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Decreto-Legislativo-N°-1278.pdf>
- Cycon, M., & Piotrowska-Seget, Z. (2006). Transformations of pesticides in soil environment - a review. *Pestycydy*, 3–4, 45–56.
- Damania, R., Desbureaux, S., Rodella, A., Russ, J., & Zaveri, E. (2019). Quality Unknown: The Invisible Water Crisis. In *Quality Unknown: The Invisible Water Crisis*. World Bank Publications. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1459-4>
- Delgado-Zegarra, J., Alvarez-Risco, A., & Yáñez, J. A. (2018). Uso indiscriminado de pesticidas y ausencia de control sanitario para el mercado interno en Perú. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 42(3), 1–6. <https://doi.org/10.26633/rpsp.2018.3>
- Díaz, W. (2016). Estrategia de gestión integrada de suelos contaminados en el Perú. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 19(38), 103–110.
- Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos. (2019). Listado de rellenos sanitarios. In *MINAM*.
- Gonzales, G. F., Zevallos, A., Gonzales-Castañeda, C., Nuñez, D., Gastañaga, C., Cabezas, C., Naeher, L., Levy, K., & Steenland, K. (2014). Contaminación ambiental, variabilidad climática y cambio climático: una revisión del impacto en la salud de la población peruana. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 31(3), 547–556.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2014). Residuos sólidos. *Anuario de Estadísticas Ambientales*, 309–348.
- Intergovernmental Technical Panel on Soils. (2015). *Intergovernmental Technical Panel on Soils. Status of the World's Soil Resources*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/3/a-i5199e.pdf>
- Irvan, Trisakti, B., Hasibuan, R., & Joli, M. (2018). Fermentative utilization of glycerol residue for the production of acetic acid. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 309(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/309/1/012126>
- Jacobsen, N. B. (2006). Industrial symbiosis in Kalundborg. *Journal of Industrial Ecology*, 10(1–2), 239–255.

- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127(September), 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Kotthoff, L., Keller, J., Lörchner, D., Mekonnen, T. F., & Koch, M. (2019). Transformation products of organic contaminants and residues—overview of current simulation methods. *Molecules*, 24(4), 1–23. <https://doi.org/10.3390/molecules24040753>
- Liu, Z., Wang, J., Kang, M., Yin, N., Wang, X., Tan, Y., & Zhu, Y. (2014). Synthesis of glycerol carbonate by transesterification of glycerol and dimethyl carbonate over KF/γ-Al₂O₃ catalyst. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 25(1), 152–160. <https://doi.org/10.5935/0103-5053.20130281>
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2017). *Perú, cosechando logros en el agro peruano. Resultados 2011-2016*.
- Ministerio de la Producción. (2019). *Sector Pesca. Resultados del Desempeño de la Pesca Extractiva*. <http://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/shortcode/estadistica-oe/estadistica-pesquera>
- Mishra, A., Mishra, S., & Tiwari, A. (2014). Solid Waste Management - Case study. *International Journal of Research in Advent Technology*, 2(1), 396–399.
- Ochoa-Gómez, J., Gómez-Jiménez-Aberasturi, O., Ramírez-López, C., & Belsué, M. (2012). A brief review on industrial alternatives for the manufacturing of glycerol carbonate. *A Green Chemical*, 16, 389–399. [https://doi.org/10.1016/S0168-583X\(03\)01665-3](https://doi.org/10.1016/S0168-583X(03)01665-3)
- Pike, I. H., & Jackson, A. (2010). Fish oil: Production and use now and in the future. *Lipid Technology*, 22(3), 59–61. <https://doi.org/10.1002/lite.201000003>
- Praikaew, W., Kiatkittipong, W., Kiatkittipong, K., Laosiripojana, N., Viriya-Empikul, N., Boonyasuwat, S., Aiouache, F., Najdanovic, V., & Assabumrungrat, S. (2018). Synthesis of glycerol carbonate from dimethyl carbonate and glycerol using CaO derived from eggshells. *MATEC Web of Conferences*, 192(03045), 8–11. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819203045>
- Prieto Sandoval, V., Jaca García, M., & Ormazabal, M. (2017). Economía circular: relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación. *Memoria Investigaciones En Ingeniería*, 15(15), 85–95.
- Robles, J., & Fajardo, M. (2017). Panorama de la Economía Peruana 1950 - 2016. In

Instituto Nacional de Estadística e Informática.

Rodríguez, N., McLaughlin, M., & Pennock, D. (2018). Soil Pollution. In *FAO*.
<https://doi.org/10.2105/AJPH.12.5.426-b>

Rondón Toro, E., Szantó Narea, M., Pacheco, J. F., Contreras, E., & Alejandro, G. (2016).
 Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios. *Manuales de La
 CEPAL*, 211.

Schäffer, A., Kästner, M., & Trapp, S. (2018). A unified approach for including non-
 extractable residues (NER) of chemicals and pesticides in the assessment of
 persistence. *Environmental Sciences Europe*, 30(1).
<https://doi.org/10.1186/s12302-018-0181-x>

Sonnati, M. O., Amigoni, S., Taffin De Givenchy, E. P., Darmanin, T., Choulet, O., &
 Guittard, F. (2013). Glycerol carbonate as a versatile building block for tomorrow:
 Synthesis, reactivity, properties and applications. *Green Chemistry*, 15(2), 283–306.
<https://doi.org/10.1039/c2gc36525a>

Sreeja, S. J. (2014). Synthetic Plant Activators for Crop Disease Management – A Review.
International Journal of Thesis Projects and Dissertations, 2(1), 19–28.

Teng, W. K., Ngoh, G. C., Yusoff, R., & Aroua, M. K. (2014). A review on the performance
 of glycerol carbonate production via catalytic transesterification: Effects of
 influencing parameters. *Energy Conversion and Management*, 88, 484–497.
<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.08.036>

UNESCO. (2017). Wastewater, the untapped resource. In *United Nations Educational,
 Scientific and Cultural Organization*.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

UNICEF, & WORLD HEALTH ORGANIZATION. (2015). *2015 Update and MDG Assessment*.