

# Los lodos residuales desde la bioética y sustentabilidad

Damaris Acosta Slane<sup>1</sup>

María Cecilia Valles Aragón<sup>2</sup>

Haydee Parra Acosta<sup>3</sup>

## Resumen

Se presenta un análisis documental de los lodos residuales desde la bioética y sustentabilidad basado en la cartografía conceptual; metodología propuesta desde la socioformación, para generar conocimiento sobre sus implicaciones ambientales abordados desde esta perspectiva. Estos residuos son considerados como mejoradores de suelos y son aplicados en áreas agrícolas, sin embargo, si no reciben un tratamiento pertinente son fuente de contaminación y pueden causar daños en la salud pública. Para cumplir con los objetivos de la cartografía fue necesario realizar una búsqueda de información considerando los criterios establecidos y posteriormente hacer un análisis y procesamiento de la información. La principal conclusión obtenida fue que el grado de conciencia ambiental está relacionado directamente con los principios de bioética y sustentabilidad, ya que solo con este conocimiento se utilizarán estos desechos sin comprometer los recursos naturales de las futuras generaciones.

**Conceptos clave:** Biosólidos, suelos agrícolas, conciencia ambiental.

## Introducción

La bioética como concepto significa la ética de la vida y la sustentabilidad, la capacidad que tiene la sociedad para hacer un uso consciente y responsable de sus recursos. Conceptos que en esta aportación se analizan desde la transdisciplinariedad que permite la integración de las ciencias de la vida, la ética, economía y el aprovechamiento de los recursos naturales. Por consiguiente, el observar a los lodos residuales desde esta perspectiva permite ampliar la visión y aplicarlos desde un enfoque socioformativo para concientizar y exhortar a la sociedad a que realice acciones benéficas para todos y para el medio ambiente. Así mismo, para abordar bajo esta visión bioética y sustentable, los lodos de las plantas de tratamiento de agua residual (PTAR), que se definen como los productos de la concentración de los sólidos contenidos en el efluente, o de la formación de nuevos sólidos suspendidos resultantes de los sólidos disueltos. Son conocidos también como biosólidos y pueden presentarse como líquidos, sólidos o semisólidos; tienen origen en los procesos mecánicos, biológicos y químicos del tratamiento de agua residual (Amador-Díaz, Veliz-Lorenzo y Bataller-Venta, 2015). Generalmente son identificados como subproductos indeseables, difíciles de tratar y con implicaciones económicas extras en su manejo y confinamiento (Montiel-Soto, Nuñez-Contreras y Viramontes-Acosta, 2016). La disposición final de estos

---

<sup>1</sup> M.C., Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua, damaris.acosta.slane@gmail.com

<sup>2</sup> Dra., Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua, valles.cecilia@gmail.com

<sup>3</sup> Dra., Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua, hparra05@hotmail.com

residuos implica una inversión de capital elevado, por lo que en muchas ocasiones son vertidos al drenaje, sometidos a incineración, descargados en cuerpos de agua o enviados a rellenos sanitarios (Castillo *et al.*, 2020). El nivel de conciencia ambiental, propicia la comprensión de los daños generados a partir de una inadecuada disposición o manejo de los lodos residuales, si estas actividades se realizan adecuadamente, se lograra el cumplimiento con las características del desarrollo sustentable (Cervantes-Cocom y Chan-Ceh, 2020). Estimaciones realizadas indican que en México, se producen aproximadamente 480 mil toneladas al año en base seca de lodos residuales (Alvarado *et al.*, 2017).

Algunos de los procedimientos utilizados para el tratamiento y disposición final de lodos residuales son aquellos empleados para residuos sólidos, entre los que destacan los siguientes: tratamiento anaerobio y aerobio, disposición en suelos, tratamientos térmicos (pirólisis e incineración) y confinamiento controlado (Montiel-Soto, Nuñez-Contreras y Viramontes-Acosta, 2016). De los tratamientos térmicos, la pirólisis es un procedimiento donde se genera biochar o biocarbones a partir de lodos residuales; este proceso se plantea como una alternativa de reutilización ambientalmente amigable para los lodos, ya que gracias a éste se conservan las características de valor agronómico como el contenido de fósforo, nitrógeno, materiales orgánicos y otros nutrientes, y a su vez se disminuye el número de patógenos (Velázquez Machuca *et al.*, 2019).

Por otro lado, la digestión anaerobia aplicada a biosólidos, ha demostrado que la mayor parte de los contaminantes emergentes quedan retenidos en la porción sólida, reportando que algunos sufren transformaciones generando otros metabolitos (Sánchez *et al.*, 2019). Los contaminantes emergentes localizados en lodos residuales han sido identificados en las últimas dos décadas, y se definen como aquellos que poseen alta persistencia y baja degradación en el ambiente. Los compuestos más investigados son los detergentes, productos farmacéuticos, de cuidado personal, hormonas, pesticidas, fragancias, aditivos para gasolina y retardadores de flama (Robledo Zacarías *et al.*, 2017). Otras sustancias encontradas son parafinas cloradas, siloxanos, compuestos cuaternarios de amonio y óxidos metálicos de algunos elementos y nanopartículas (Zhang *et al.*, 2017), estas últimas y específicamente las de dióxido de titanio, se encuentran en el suelo de manera natural, sin embargo, durante la aplicación de lodos residuales a los suelos como mejoradores, son identificadas de dos tipos, las de estructura natural y la antropogénica (Pradas Del Real *et al.*, 2018). Estos nanomateriales han sido estudiados recientemente y se ha demostrado sus efectos negativos en expresión genética, causan la generación de especies reactivas de oxígeno e intervienen en el crecimiento de plantas y armonía de los ecosistemas (Cox *et al.*, 2017).

A pesar de las sustancias contaminantes que los lodos pudieran contener, poseen propiedades benéficas para los suelos agrícolas; contienen macro y microelementos, necesarios para las plantas y la fauna presente en el suelo (Torri, Correa y Renella, 2017); tienen alto contenido de materia orgánica, que genera retención del agua, resistencia a la erosión, mejora las condiciones químicas y biológicas suelo; y aumentan la disponibilidad de los nutrientes (Zabotto *et al.*, 2019). Si los lodos fueran tratados adecuadamente pueden ser utilizados como fertilizante orgánico, con la finalidad de recuperar áreas degradadas y áreas de silvicultura; sin embargo su aplicación desmedida puede ocasionar lixiviación al subsuelo

y contaminar aguas subterráneas, debido a la elevada carga de nutrientes que poseen (Medina-Herrera *et al.*, 2020).

Otros estudios demuestran que los lodos pueden ser compuestos alternativos para producir energía verde sustentable (Juárez-Hernández y Castro-González, 2013) y también se realiza investigación para reducir la producción de lodo desde la fuente y facilitar la operación del sistema de tratamiento de agua (Sánchez-Balseca, Muñoz-Rodríguez y Aldás-Sandoval, 2019).

El abordar el tema de lodos residuales desde la perspectiva de la bioética como ciencia de la vida y la sustentabilidad parte de la disciplina de economía, ayudara a identificar claramente los beneficios y perjuicios causados por los mismos cuando son aplicados en suelos sin llevar a cabo un tratamiento, creando conciencia para mejorar las prácticas agrícolas de incorporación de lodos residuales a suelos pensado en el futuro de este recurso, del agua (Morales-Novelo y Rodríguez-Tapia, 2020) y de las siguientes generaciones.

### **Materiales y métodos**

De acuerdo con las metas del estudio, se llevó a cabo un estudio documental. Para el presente caso, se siguieron los ejes de la cartografía conceptual, una estrategia de investigación propuesta desde el enfoque socio formativo, que busca contribuir a mejorar el medio ambiente y la calidad de vida de las personas a través del emprendimiento, la generación del conocimiento, el trabajo colaborativo y el proyecto ético de vida (Parra, López y Tobón, 2015). Es así como la cartografía conceptual además de generar nuevo conocimiento, propicia una mejor organización de la información, para la generación de conocimiento a partir del análisis de conocimientos científicos en torno a un concepto, teoría o metodología tomando como base ocho ejes, los cuales son: noción, categorización, caracterización, diferenciación, división o aplicaciones, vinculación, metodología y ejemplificación (Tobon *et al.*, 2018). En cada eje se sistematiza la información científica disponible, se analiza y se determinan los posibles vacíos para orientar nuevos estudios.

En general, esta metodología es relevante cuando se quiere aclarar, construir o adaptar un concepto a una nueva teoría o enfoque, como es el caso del presente estudio.

### **Criterios de Selección de los Documentos**

Acorde con las metas y ejes de la cartografía conceptual, se buscaron ante todo artículos y libros de investigación para aclarar el concepto de bioética, sustentabilidad y lodos residuales, a partir de bases de datos tales como Scopus, Web of science entre otros.

Se consideraron artículos del 2015 a 2020 y para seleccionar los documentos estos debían seguir los siguientes criterios:

1. Ser de naturaleza académica o investigativa, como artículos, libros y capítulos de libros.
2. Abordar algún elemento conceptual de los términos bioética, sustentabilidad y lodos residuales.

3. Contribuir al desarrollo conceptual de alguno de los ocho ejes propuestos en la cartografía conceptual (Tabla 1).

4. Tener autor, año y responsable de la edición (editorial, centro de investigación, universidad o revista) (Ortega- Carbajal, Hernández-Mosqueda y Tobón-Tobón, 2015).

### **Categorías del Estudio**

De acuerdo con la cartografía conceptual, las categorías del estudio se describen en la Tabla 1.

Tabla 1. Categorías de estudio

<b>Categoría</b>	<b>Pregunta central</b>
Noción de bioética, sustentabilidad y lodos residuales	¿Cuál es el concepto de bioética, sustentabilidad y lodos residuales?
Categorización de bioética, sustentabilidad y lodos residuales	¿Dentro de qué proceso mayor o clase general están los conceptos de bioética, sustentabilidad y lodos residuales?
Características de bioética, sustentabilidad y lodos residuales	¿Cuáles son las características esenciales de bioética, sustentabilidad y lodos residuales?
Diferenciación del concepto de bioética y sustentabilidad	¿De qué otros conceptos cercanos y que estén en la misma categoría difieren bioética y sustentabilidad?
Tipos de bioética, sustentabilidad y lodos residuales	¿Cuáles son los tipos de bioética, sustentabilidad y lodos residuales?
Vinculación de la bioética y sustentabilidad con procesos sociales, científicos, laborales, epistemológicos, etc.	¿Con que procesos sociales, históricos, económicos y políticos se relacionan la bioética y la sustentabilidad?
Metodología	¿Cuál es la metodología de aplicación de la bioética, sustentabilidad y lodos residuales?
Ejemplo de bioética, sustentabilidad y lodos residuales.	Mencionar ejemplo donde se consideren aspectos relacionados a los conceptos.

Fuente: Elaboración propia.

### **Procesamiento de la Información**

Se analizó la información mediante la agrupación de lo que se consideró explicaba mejor los conceptos referidos, de acuerdo a cada uno de los ejes de la cartografía conceptual.

### **Documentos analizados**

Los documentos que cumplieron con los criterios, fueron analizados y clasificados por el contenido, con la finalidad de contestar cada eje de la cartografía conceptual. En la Tabla 2 se presentan los documentos clave en relación a la respuesta de los 8 ejes.

Tabla 2. Documentos revisados sobre “bioética, sustentabilidad y lodos residuales”

Registro	Tipo de documentos	País	Referencia	Eje de la cartografía
1.	Artículo en Revista	Colombia	Yate, A.	Noción o definición
2.	Revista Artículo	México	Guevara-López, U.	
3.	Artículo en Revista	Colombia	Rivas-Muñoz, F. A., Garrafa, V., Feitosa, S. F., & Nascimento, W. F.	
4.	Artículo Revista	México	Cantú, P.	
5.	Revista	México	Contreras, D.	
6.	Revista	Venezuela	Benítez, J.	
7.	Revista	España	Bórquez, B., & Lopicich, B.	
8.	Artículo	México	Medina-Herrera, M. del R., Negrete-Rodríguez, M. de la L. X., Gámez-Vázquez, F. P., Álvarez-Bernal, D., & Conde-Barajas, E.	
9.	Artículo	México	Montiel-Soto, L. E., Nuñez-Contreras, E., & Viramonetes-Acosta, A.	
10.	Artículo en Revista	México	Alvarado, J., Aguilar, I., Nubes, G., & Velázquez, L. E.	
11.	Artículo	Chile	Zabotto, A. R., Zuñiga, E. A., María, L., & Machuca, R.	
12.	Artículo	México	Rivera, P., Chávez, R., & Rivera, F.	
13.	Artículo	Chile	Kottow, M.	
14.	Artículo	Colombia	Molina, N.	
15.	Revista	Venezuela	Benítez, J.	
16.	Revista	Colombia	Striedinger, M. P.	
17.	Revista	España	Bórquez, B., & Lopicich, B.	Características
18.	Artículo Revista	México	Cantú, P.	
19.	Artículo en Revista	Colombia	Rivas-Muñoz, F. A., Garrafa, V., Feitosa, S. F., & Nascimento, W. F.	
20.	Revista Artículo	México	Guevara-López, U.	
21.	Revista	Venezuela	Benítez, J.	
22.	Revista	Colombia	Striedinger, M. P.	
23.	Artículo	México	Montiel-Soto, L. E., Nuñez-Contreras, E., & Viramonetes-Acosta, A.	
24.	Artículo Revista	Perú	Cupe, B. E., & Juscamaita, J. G.	
25.	Revista	Colombia	Striedinger, M. P.	
26.	Acta bioética	España	Amo, R.	
				Clases

27.	Revista	España	Bórquez, B., & Lopicich, B.	Vinculación
28.	Artículo	Colombia	Guerrero, J., Peláez Jaramillo, C. A., & Molina Perez, F. J.	
29.	Artículo	Chile	Kottow, M.	
30.	Revista	México	Contreras, D.	
31.	Artículo en Revista	Colombia	Rivas-Muñoz, F., Garrafa, V., Feitosa, S. F., & Nascimento, W. F.	
32.	Artículo	Colombia	Gamboa-Bernal, G. A.	
33.	Artículo Revista	México	Cantú, P.	
34.	Revista	España	Bórquez, B., & Lopicich, B.	
35.	Revista	Venezuela	Benítez, J.	
36.	Revista	Colombia	Striedinger, M. P.	
37.	Artículo Revista	Cuba	Amador-Díaz, A., Veliz-Lorenzo, E., & Bataller-Venta, M.	
38.	Revista	Ecuador	Castillo, J. G., Balarezo, L. D., Vines, M. B., & Zambrano, H. A.	
39.	Artículo	España	Delgado, M. del M., Lobo, C., Plaza, A., Capuano, A., Hernando, G., Prieto, J., Miralles de Imperial, R., & Valero, J.	
40.	Artículo	México	Reyes, D. Y., Mora, M. E., Lugo, J., & Del Águila, P.	
41.	Artículo	China	Torri, S. I., Correa, R. S., & Renella, G.	
42.	Artículo	México	Montiel-Soto, L. E., Nuñez-Contreras, E., & Viramonetes-Acosta, A.	

Fuente: Elaboración propia.

## Resultados

### Noción o definición de Bioética, sustentabilidad y lodos residuales

El concepto de bioética hace alusión a la ética de la vida o de la biología. Es una ciencia que pone a dialogar a la ciencia y las humanidades y cuyo fin es establecer la relación entre los valores éticos y los actos biológicos (Yate, 2017). El concepto tiene origen griego, *bios* significa “vida” mientras que *ethos* quiere decir “ética” (Raffino, 2020). La bioética es definida por el Diccionario del Español Actual de Manuel Seco, Olimpia Andrés y Gabino Ramos, como el estudio de los aspectos éticos de la investigación biológica y sus aplicaciones. Por otro lado, el Diccionario de la Real Academia Española en su vigésima primera edición, la define como

la disciplina científica que estudia los aspectos éticos de la medicina y la biología en general, así como de las relaciones del hombre con los demás seres vivos; en la vigésima segunda edición la definición es más concisa y es: aplicación de la ética a las ciencias de la vida (Guevara-López, 2019). También el término es definido por la enciclopedia de Bioética en 1995 como el estudio sistemático de la conducta humana en el área de la ciencia de la vida y la atención de la salud (Rivas-Muñoz *et al.*, 2015), a la luz de los principios y valores morales, destacando en todas las definiciones su carácter disciplinario, científico o sistemático (Guevara-López, 2019).

El concepto de bioética se refiere a un término interdisciplinario que abarca la solución a conflictos éticos en el campo sanitario, empleando el conocimiento de expertos para entender la vida en el planeta desde otras perspectivas de salud o bienestar. También la bioética es considerada como un puente entre las ciencias sociales, biológicas y las humanidades (Contreras, 2017). La bioética es una nueva asignatura que sirve de reflexión para el juicio de toda acción humana, es la clave para trabajar por un cambio que transforme las bases de la cultura y la educación (Cantú, 2015).

Por lo que se refiere a la palabra sustentable, se define como la cualidad de sustentable y este último término es algo que se puede sostener a lo largo del tiempo sin agotar sus recursos o perjudicar el medio ambiente. En este sentido, la sustentabilidad es la capacidad que tiene la sociedad para hacer un uso consciente y responsable de sus recursos, sin agotarlos o exceder su capacidad de renovación, y sin comprometer el acceso a estos por parte de las generaciones futuras (Coelho, 2019).

El concepto de desarrollo sustentable más citado es aquel elaborado en el Informe Brundtland (1987) por la comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo para la organización de las Naciones Unidas (ONU), donde se menciona que el desarrollo sustentable implica satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades. Así mismo, el desarrollo sustentable es una evolución del antiguo concepto de desarrollo, ya que no solo contempla el progreso económico y material, sino que lo dispone en equilibrio con el bienestar social y el aprovechamiento responsable de los recursos naturales. El desarrollo sustentable se originó con la práctica de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) y para esto se definió un marco bioético de apoyo para este procedimiento. Se ha demostrado que los estudios de impacto ambiental bien realizados constituyen herramientas que pueden orientar las acciones y decisiones hacia la sustentabilidad (Benítez, 2017). La sustentabilidad se define como la búsqueda del equilibrio en el ámbito social, económico, cultural y medioambiental (León, 2020).

Los conceptos de bioética y sustentabilidad están integrados en procesos de industria, economía, academia, en las ciencias sociales y ambientales (Bórquez y Lopichich, 2017).

En cuanto a los lodos residuales son agregados constituidos por microorganismos, nutrientes y sustancias poliméricas extracelulares producto del tratamiento de aguas residuales (Medina-Herrera *et al.*, 2020); otro autor los define como los residuos sólidos remanentes del proceso de tratamiento de aguas de desecho, que están compuestos por materia orgánica residual no descompuesta, microorganismos, compuestos no biodegradables y potencialmente tóxicos y sales inocuas y/o potencialmente tóxicas que se han removido durante el tratamiento (Montiel-Soto, Nuñez-Contreras y Viramontes-Acosta,

2016); también son conocidos como biosólidos y son materiales orgánicos ricos en nutrientes, diversos estudios demuestran que su uso en suelo ayuda a reducir la pérdida de fertilidad y la recuperación de su capacidad productiva (Alvarado *et al.*, 2017). Otra definición de este término es: compuesto que posee nutrientes y elementos que aportan beneficios para el desarrollo de las plantas (Zabotto *et al.*, 2019). Los lodos residuales también son considerados residuos tóxicos, cuya disposición no está garantizada a pesar de la existencia de la NOM-004-SEMARNAT de biosólidos (Rivera, Chávez y Rivera, 2018).

### **Categorización ¿Dentro de qué proceso mayor o clase general está los conceptos de Bioética, sustentabilidad y lodos residuales?**

Categoricamente la bioética está ubicada en la clase general de Ciencias de la vida. Anteriormente la bioética se centraba en conflictos y generaba antagonismos en el ámbito de la investigación con seres humanos y la práctica clínica, mientras que la ética era aplicada a las prácticas sociales (Kottow, 2016). Hoy en día se sabe que la bioética no es una materia individual, si no que dentro de esta se tratan prácticas sociales que incluyen medicina, investigación biomédica, salud pública y ecología (Kottow, 2016).

De acuerdo a investigadores de Inglaterra, Estados Unidos, Canadá y España la bioética se centra en las ciencias de la salud en donde se incluye temas como: teoría ética, veracidad, consentimiento y autonomía, confidencialidad, asuntos del inicio de la vida, relación clínica, reproducción humana, genética, manejo de niños, vulnerabilidad y derechos del paciente, asignación y distribución de recursos en salud, atención administrada y responsabilidad de cuidado, estados de mínima conciencia, sujetos de investigación, cuidado paliativo, errores, profesionalismo, derechos de los animales y ética de la investigación (Molina, 2016).

La sustentabilidad por otro lado está ubicada en las ciencias sociales y específicamente proviene de la economía y surge como la necesidad de introducir cambios en la máxima producción, el consumo, la explotación ilimitada de recurso y el beneficio de la buena marcha económica (Larrouyet, 2015). La sustentabilidad tiene consideraciones éticas relacionadas con la evaluación de impacto ambiental, la cual se considera parte de su origen (Benítez, 2017).

Una referencia básica para la sostenibilidad es la norma española PNE 165010 (guía con criterios para el mejor ejercicio de la responsabilidad social de la empresa), desarrollada por la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). Esta guía además de tratar la responsabilidad social corporativa integra aspectos económicos, sociales, laborales, medioambientales y de respeto de los derechos humanos (Striedinger, 2016).

En cuanto a los lodos residuales de las plantas de tratamiento se encuentran en la clase general de residuos de acuerdo a la norma oficial mexicana 052 que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos (SEMARNAT, 2005) y la norma oficial mexicana 004 de lodos y biosólidos (SEMARNAT, 2002).



### **¿Cuáles son las características esenciales de los conceptos de: ¿Bioética, sustentabilidad y lodos residuales?**

Algunas de las características de la bioética son: permite construir instancias de diálogo y participación para dar soluciones a desafíos que impone el desarrollo sostenible; promueve que diversas disciplinas se comuniquen y participen aportando distintos enfoques para comprender un problema (Bórquez y Lopichich, 2017); confiere bienes y servicios de calidad, buscando maximizar los beneficios de toda la población (Cantú, 2015). La perspectiva anglosajona de la bioética, menciona que esta tiene características de autonomía, beneficencia, no-maleficencia y justicia, y en esencia está enfocada a los ámbitos hospitalarios y centros de investigación con seres vivos, principalmente humanos (Rivas-Muñoz *et al.*, 2015).

La bioética requiere una especial sensibilidad a los progresos teóricos y sociales, por esta razón se asume como ciencia rigurosa de carácter práctico normativo con cinco rasgos que la definen: a) Construye su normatividad a partir del imperativo que encuentra al reconocer a la persona como una realidad afirmable por sí misma, b) distingue con claridad la diferencia existente entre cosas y personas, c) distingue la irreductibilidad de la vida humana a otras formas de vida y a sistemas materiales complejos, d) reconoce al ser humano como sujeto comunal y e) implica un compromiso existencial y práctico a favor de todas las personas en especial de las más vulnerables (Guevara-López, 2019).

El término de sustentabilidad presenta como prioridad la prevención, y está íntimamente relacionado con la bioética (Benítez, 2017). Algunas de las características del desarrollo sustentable son satisfacer las necesidades y aspiraciones del ser humano, necesidad de crecimiento económico, conservación de los recursos genéticos y mantenimiento de la diversidad biológica y reducción de efectos nocivos al aire, agua entre otros (Striedinger, 2016). El desarrollo sustentable debe tener sustentabilidad económica, para disponer de los recursos necesarios para darle persistencia al proceso y sustentabilidad ecológica para proteger la base de recursos naturales mirando hacia el futuro, sin dejar de utilizarlos, además el desarrollo sustentable tiene cinco dimensiones en las cual avanzar y son dimensión económica, dimensión humana, dimensión ambiental, dimensión institucional y dimensión tecnológica (Larrouyet, 2015).

En los lodos las características más importantes son: el contenido de materia orgánica, microorganismos, compuestos no biodegradables y potencialmente tóxicos, sales inocuas y potencialmente tóxicas que se han removido durante el tratamiento (Montiel-Soto, Nuñez-Contreras y Viramontes-Acosta, 2016); los lodos pueden ser sólidos contenidos en el efluente (lodos primarios), o bien sólidos suspendidos (lodos activados) resultantes de los sólidos disueltos de las aguas residuales municipales e industriales (Cupe y Juscamaita, 2018).

### **Diferenciación del concepto de bioética y sustentabilidad. ¿De qué otros conceptos cercanos y que estén en la misma categoría difieren Bioética y Sustentabilidad?**

La bioética tal como se mencionó anteriormente pertenece a la categoría de ciencias de la vida y dentro de esta pertenecen la medicina, ecología, biología, microbiología, fisiología, farmacología, zoología, inmunología entre otras y la sustentabilidad a las ciencias sociales

específicamente de la disciplina de economía, ambas tratan de los requerimientos del hombre, sin embargo, una desde el enfoque biológico y la otra desde el enfoque social.

La diferenciación entre los conceptos de bioética y sustentabilidad no es muy apreciable a primera vista, ya que la bioética se perfila como el espacio ideal para promover el desarrollo sostenible en la sociedad en general, haciéndolos tomar conciencia de los riesgos del consumismo y materialismo. Por lo tanto, aquí es donde interviene la acción dinámica entre la bioética y el desarrollo sostenible, conceptos que no pueden ser desvinculados, sino que son complementarios en la búsqueda de una sociedad sana, justa y equitativa (Striedinger, 2016).

### **¿Clases o tipos de Bioética, Sustentabilidad y lodos residuales?**

A grandes rasgos se identifican diferentes escuelas teóricas que influyen sobre la bioética: principalísimo bioético, bioética universalista, bioética personalista y bioética utilitarista (Raffino, 2020).

La bioética está clasificada o dividida en modelos bioéticos según Raanan Gillon, que la presenta en dos grandes grupos: la ética construida en atención a la norma y la ética construida en atención las consecuencias (Amo, 2019). Por otra parte, Diego Gracia ofrece una clasificación de los modelos bioéticos apoyada en los modelos éticos y estos son: el ontológico y el epistemológico. Este autor también ofrece una taxonomía cuádruple de los modelos bioéticos. En el primer grupo se considera el modelo ontológico o principialista, y el modelo deontológico o formalista. Como parte del segundo grupo se incluye el modelo epistemológico o decisionista y el modelo axiológico o del conflicto de valores. Cada grupo tiene su enfoque basado en el bien común y la moral. Otro de los investigadores del tema fue Elio Sgreccia que propone una taxonomía de siete modelos bioéticos: a) Ética descriptiva y modelo sociobiológico, b) Modelo subjetivista o liberal radical, c) Modelo pragmático-utilitarista, d) Contractualista, e) Fenomenológico, f) Modelo de la ética de los principios, llamado principialismo y g) Personalista (Amo, 2019).

Recientemente en el 2015 la Agenda 2030 de la Asamblea General de la ONU y sus 17 ODS (objetivos de dimensión sostenible), han ampliado el campo de acción de la Bioética la cual se puede clasificar en varios tipos: bioética individual, que considera la preocupación por el individuo y su entorno más cercano; bioética social, toma en cuenta el espacio social ampliado en que esa persona se mueve; y bioética global, en donde el sujeto se aprecia como parte de un todo, en el que interactúa, convive y se desarrolla en una relación simbiótica actual y futura, que exige la adopción de medidas de contención y protección ante los eventuales impactos que su acción general (Bórquez y Lopicich, 2017).

La sustentabilidad por su parte se divide en tres pilares sustentabilidad ambiental, sustentabilidad social y sustentabilidad económica, a estos tres se les puede agregar la sustentabilidad corporativa, pero es poco común que forme parte de esta clasificación (Díaz, 2020).

En cuanto a los lodos se encontró lo siguiente: en las plantas de tratamiento de agua hay varios tipos de lodos y son los lodos primarios provenientes de la sedimentación primaria utilizada para remover sólidos sedimentables que se espesan por gravedad y los

lodos secundarios que están constituidos por productos de la conversión a biomasa de los residuos solubles del efluente que proviene del tratamiento primario y partículas que se escapan del tratamiento. Ambos contienen materia orgánica y patógenos y deben ser tratados para su disposición (Guerrero, Peláez Jaramillo y Molina Perez, 2016).

### **Vinculación de la Bioética, Sustentabilidad y lodos residuales con procesos sociales, científicos, laborales, epistemológicos, etc. ¿Con qué procesos sociales, históricos, económicos y políticos se relacionan la Bioética y Sustentabilidad?**

La bioética desde sus inicios ha estado vinculada con la medicina. Antes de que surgiera el término de bioética André Hellegers y Kennedy del Instituto de ética se mostraron preocupados por considerar los derechos del paciente en la participación y toma de decisiones en la práctica médica basada en evidencia. La vertiente ético-médica de esta disciplina colocó en el centro de sus preocupaciones la relación médico-paciente y el consentimiento de participación de los mismos con fines terapéuticos y científicos (Kottow, 2016).

El término bioética fue empleado por primera vez en 1927 por el alemán Fritz Jahr, quien pretendía que se ampliara la consideración moral para todos los seres vivos, enfatizaba la continuidad y la interdependencia del hombre con el resto de los organismos vivientes, a través de la cual la raza humana obtendría la responsabilidad moral de proteger y preservar la diversidad biológica en todas sus formas (UNESCO, 2015). Jahr enfatizó la necesidad de encontrar un equilibrio entre los valores y los objetivos de vida de los seres vivientes en su lucha por sobrevivir y en sus necesidades de alimento, espacio y desarrollo. Posteriormente la propuesta de Jahr ganó popularidad en los años 70 con el artículo de Bioethics: Science of Survival y el libro Bioethics: Bridge to the future realizado por el bioquímico estadounidense Van Rensselear Potter (Contreras, 2017).

Potter acogió el concepto con la intención de establecer un puente entre las ciencias biológicas, las ciencias sociales y las humanidades (Contreras, 2017), sin embargo posteriormente la bioética fue reducida a un ejercicio de democracia, cuyo escenario eran los comités de ética de la asistencia o de la investigación de salud (Rivas-Muñoz *et al.*, 2015). Durante las décadas siguientes la propuesta de Potter fue opacada por una visión más estrecha e instrumentalista, enfocada exclusivamente en los problemas de la investigación médica y del uso de nuevas tecnologías (UNESCO, 2015).

Socialmente la bioética tiene una tarea importante en el cambio de cultura, desde recordar y proponer las bases de una sana convivencia de la humanidad con el medio ambiente; hasta hacer de la vida cotidiana la primera línea de cambio donde las personas aprendan a donarse a sí mismos y vean en el bien común la clave para el desarrollo personal, colectivo y global (Gamboa-Bernal, 2015).

Lo que hoy se conoce por bioética comenzó una década y media después de que finalizó la segunda Guerra Mundial, con el propósito de humanizar la educación y la práctica médica (Kottow, 2016).

En México la inequidad social, de no justicia, las dificultades para lograr el bien estar y la salud de la población han originado junto con los avances tecnocientíficos el impulso de

la bioética en las instituciones superiores en México, esto con la finalidad de crear valores sociales que incidan en nuestra sociedad y que impulse la formación integral de profesionistas. En 1989 se fundó el Grupo de Estudios en Bioética cuyo objetivo central giraba en el estudio, investigación y difusión de la bioética en el país, en el marco de las atribuciones otorgadas por el Consejo de Salubridad Nacional. Más adelante en 1993 este grupo dio paso a la instalación de la Comisión Nacional de Bioética, la cual pertenece desde del año 2000 a la Secretaría de Salud. Hoy en día estas acciones se ven ratificadas en el Programa Sectorial de Salud (2013-2018) publicado en el Diario Oficial de la Federación, que sitúa a la bioética como política de gestión y desarrollo del Sistema Nacional de Salud Universal. A nivel educativo en México existen tres programas que ofrecen el grado de Doctorado en Bioética, diez en Maestría en Bioética, cuatro de Especialidad en Bioética y siete de Diplomaturas en Bioética. Localizadas en ciudad de México, Monterrey, Guadalajara, Querétaro, Mérida y León (Cantú, 2015). La bioética también ha sido considerada en la Asamblea General de las Naciones Unidas ampliando su campo de acción (Bórquez y Lopicich, 2017).

Sobre, el desarrollo sostenible la idea surgió de la necesidad de introducir cambios en el sistema económico existente basado en la máxima producción, el consumo, la explotación ilimitada de recursos y el beneficio como único criterio de la buena marcha económica. Desde los años sesenta, distintos foros internacionales, se han ocupado de estudiar estos temas, planteando los problemas ecológicos derivados del medio de desarrollo económico, con la intención de integrar las necesidades del medio ambiente con dicho modelo de crecimiento. Así a principio de los años setenta del pasado siglo, Ignacy Sachs, consultor de Naciones Unidas para temas de medio ambiente y desarrollo, propuso la palabra ecodesarrollo para conciliar el aumento de la producción que reclamaban con urgencia los países del Tercer Mundo, esto considerando el respeto a los ecosistemas. Posteriormente Henry Kissinger presidente del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente retoma el término y lo sustituyó por desarrollo sostenible. En 1972 el informe Meadows del Club de Roma sobre “Los límites del crecimiento” supuso la voz de alarma y el inicio del proceso de concienciación al plantear límites al crecimiento económico y cambio en el manejo de los ecosistemas con efectos catastróficos para los sistemas económicos y ecológicos. Ya en 1987 el informe de Brundtland “Nuestro futuro común” de la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo, definió por primera vez el concepto de “desarrollo sostenible” como aquel que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas propias. El concepto pretendía establecer relaciones entre aspectos ambientales, económicos y sociales. Años más tarde en 1992, en la Cumbre de la Tierra de Naciones Unidas realizada en Rio de Janeiro se elabora la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo, que asume el desarrollo sostenible como guía para la formulación de políticas de desarrollo racional y regional, integrando desarrollo y medio ambiente. El principal resultado de esta cumbre fue la Agenda 21 donde se define una estrategia general de desarrollo sostenible para el mundo (Larrouyet, 2015). El término sustentabilidad también se originó con la práctica de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) y para este se definió un marco bioético de apoyo para este procedimiento. Se ha demostrado que los estudios de impacto ambiental bien realizados constituyen herramientas que pueden orientar las acciones y decisiones hacia la sustentabilidad (Benítez, 2017). Otro

antecedente teórico del desarrollo sostenible fue la conferencia de la ONU sobre medio ambiente, llevada a cabo en Estocolmo en 1972 (Striedinger, 2016).

Resumiendo, la bioética va más allá de la medicina y la religión, está conformada por la unión entre la ética y las ciencias de la vida, donde el desarrollo sostenible toma un lugar importante.

En relación a los lodos residuales, es conocido que están vinculados directamente a las plantas de tratamiento de agua residual, porque estas son la fuente; actualmente por la pérdida y degradación de los suelos se han buscado alternativas para enmendarlos y una estrategia es la adición de lodos residuales (Amador-Díaz, Veliz-Lorenzo y Bataller-Venta, 2015). En este proceso se ven involucradas dependencias gubernamentales como la PROFEPA o SEMARNAT las cuales debe supervisar que los lodos residuales cumplan con las características descritas en la NOM-004-SEMARNAT-2002 (Alvarado *et al.*, 2017) para utilizarlos y poder emplearlos como mejoradores de suelos (Castillo *et al.*, 2020).

### **Metodología de la aplicación la Bioética, Sustentabilidad y lodos residuales**

La elaboración y aplicación de un nuevo producto, líquido, sólido o en forma gaseosa, de naturaleza química, microbiológica o cual sea, con fines agronómicos debe ser estudiada desde la bioética y la sustentabilidad, considerando los posibles riesgos a la salud de la población y al medio ambiente.

En el caso de los lodos residuales, la norma oficial mexicana 004 de lodos y biosólidos, establece las especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes presentes en estos residuos para su posible aprovechamiento y disposición final. Para efectos de esta norma los biosólidos se clasifican en tipo: como excelente y bueno en función de su contenido de metales pesados; y en clase: A, B y C en función de su contenido de patógenos y parásitos; dependiendo del tipo y clase que resulten, a través de las determinaciones analíticas correspondientes será el aprovechamiento que puedan tener; además es importante mencionar que de acuerdo a esta norma la aplicación de biosólidos en terrenos con fines agrícolas y mejoramiento de suelos estará sujeta a lo establecido en la Ley de Sanidad Vegetal y conforme a la normatividad vigente. También en esta regulación se especifica que las personas que deseen llevar a cabo el aprovechamiento o disposición final de los lodos deben recabar una constancia de no peligrosidad, donde se informe que se encuentran dentro de los límites máximos permisibles (SEMARNAT, 2002), en otras palabras, la persona o dependencia interesada en emplear el lodo residual como mejorador de suelo o darle una disposición final adecuada, debe someter al residuo a un análisis de peligrosidad y microbiológico.

Algunas de las metodologías para tratar lodos residuales son el secado térmico y el compostaje (Delgado *et al.*, 2016). Otra alternativa de manejo de lodos residuales para minimizar el impacto ambiental son la estabilización mediante vermicomposteo y su posterior incorporación en suelo. Gracias a este procedimiento el suelo cambia sus propiedades físicas, químicas y biológicas, aumentando la biomasa microbiana y mejorando el crecimiento de las plantas (Reyes *et al.*, 2020).

Tal como se ha comentado a lo largo del escrito los lodos poseen material orgánico y alto contenido de nutrientes para el suelo, las plantas y la microbiota (Torri, Correa y Renella, 2017), lo que les brinda característica atractivas para su aplicación en suelos agrícolas, sin embargo apegándose a la normatividad, los lodos no deben aplicarse sin antes haber recibido un tratamiento o haber pasado por un análisis CRETIB (SEMARNAT, 2005), porque pueden ser fuentes de patógenos y contaminantes que dañan la salud y el medio ambiente (Montiel-Soto, Nuñez-Contreras y Viramontes-Acosta, 2016).

### **Ejemplo de Bioética y sustentabilidad e incorporación de lodos residuales**

De acuerdo con los ejes definidos en la metodología, a continuación, se presenta un ejemplo de aplicación en el área de agricultura.

Contexto: Lodos residuales, los nuevos fertilizantes para suelos agrícolas desde la bioética y la sustentabilidad

Problema: Los lodos, fangos o biosólidos provenientes de las plantas de tratamiento de agua residual (PTAR), son utilizados para enmendar suelos agrícolas, debido a que son residuos ricos en materia orgánica y contienen nutrientes esenciales para las plantas (Bondarczuk, Markowicz y Piotrowska-seget, 2016). Este tipo de enmienda ha resultado positiva ya que se ha demostrado el incremento en la fertilidad del suelo y producción de los cultivos, mejorando el crecimiento vegetal, la cosecha y las propiedades de los productos. No obstante, los lodos residuales pueden contener otros elementos o compuestos que dañan la salud de la población y al medio ambiente. Está comprobado que poseen metales tóxicos provenientes de los efluentes industriales, los cuales producen efectos adversos en la cadena trófica (Eid *et al.*, 2018). Así mismo, la presencia de metales en elevadas concentraciones causa un desequilibrio en la microbiota del suelo y sus procesos biológicos (Kirchmann *et al.*, 2017). Otros compuestos identificados son los fármacos, sustancias derivadas de productos de cuidado personal, hidrocarburos (Robledo Zacarías *et al.*, 2017), nanopartículas (Zhang *et al.*, 2017) y microorganismos patógenos y parásitos (Medina-Herrera *et al.*, 2020).

De manera tradicional los lodos residuales solo son secados y en ocasiones desinfectados, siendo este método deficiente para el control de contaminantes inorgánicos, convirtiéndolos en una posible fuente de contaminación ambiental. Antes de que un lodo residual pueda ser utilizado como un fertilizante orgánico debe ser estabilizado y sanitizado. Un lodo no estabilizado puede causar problemas al aplicarse al suelo debido al consumo de oxígeno por las sustancias orgánicas y por la fácil solubilidad de nutrientes y contaminantes (Bożym and Siemiątkowski, 2018). La aplicación de un lodo inestable e inmaduro también puede originar la inmovilización del nitrógeno en el suelo (Sciubba *et al.*, 2015) y como consecuencia un descenso en el crecimiento vegetal (Yuan *et al.*, 2016).

La aplicación de tratamientos especializados para la conversión de los lodos a productos fertilizantes libres de contaminantes generalmente resultan costosos y requieren de una fuerte inversión, por tal motivo en las PTAR no son realizados (Montiel-Soto, Nuñez-Contreras y Viramontes-Acosta, 2016).

La producción anual de lodos residuales en el mundo se aproxima a más 20 millones de toneladas en materia seca, en la actualidad esta cantidad ha incrementado con el

crecimiento poblacional, urbanización e industrialización (Ping y Jing-Yuan, 2016). En Estados Unidos el lodo residual es aplicado 45-50% de los suelos, sin embargo, en China esta práctica es limitada debido a que en los sistemas de alcantarillado de agua residual se incluyen efluentes industriales que contienen metales tóxicos, que se acumulan en suelos, migran hacia aguas subterráneas y son absorbidos por las plantas (Fang, Wei y Liu, 2016).

Los contaminantes presentes en el lodo pueden limitar su uso agrícola, esto dependerá de la normativa, características y la percepción bioética y sustentable de cada país. La enmienda con lodos es una práctica ampliamente utilizada en países como Francia, España y en el Reino Unido, escasamente en Flandes y no practicada en los países bajos y Suiza donde son incinerados. En Grecia, Malta y Rumania, la disposición en vertederos es el proceso más común de disposición de lodos residuales (Kirchmann *et al.*, 2017).

Por la temática controversial de los beneficios y los prejuicios posibles que causa la enmienda de suelos agrícolas con lodos residuales los conceptos de bioética y sustentabilidad deben incluirse, para que desde generador y productor puedan llevar a cabo las prácticas pertinentes, obteniendo más efectos positivos que negativos a nivel económico, social y ambiental.

Este ejemplo tiene relevancia debido a que la integración de los conceptos de bioética y sustentabilidad en la aplicación de los lodos residuales, es una temática novedosa, generalmente estos conceptos están inmersos, sin embargo, no se aborda directamente en esta perspectiva.

Como logros se obtuvo un compilado de información benéfica al aplicar lodos residuales a suelos agrícolas además de su contraparte, los posibles efectos negativos, brindando información importante para el empleo de estos residuos con bioética y sustentabilidad.

Las diferencias con otras aplicaciones más tradicionales es que el uso de lodos residuales además del aporte benéfico de nutrientes al suelo y cultivos, tiene un enfoque ecológico ya que se busca la utilización de un desecho evitando que este sea dispuesto en vertederos.

## Discusión

La cartografía conceptual de lodos residuales desde la bioética y sustentabilidad fue realizada de acuerdo a otras presentadas para las prácticas docentes (Tobon *et al.*, 2018), donde describieron los ocho ejes de la cartografía conceptual; también se revisó un estudio de estrés académico desde el enfoque socioformativo (Díaz-Azuara, 2019) que sirvió de apoyo para dividir las fases de estudio y mejorar la estructuración del trabajo; otro estudio de análisis documental de la V Heurística mediante la cartografía conceptual (Bermeo-Yaffar, Hernández-Mosqueda y Tobón-Tobón, 2016) apoyo para la clasificación de los documentos revisados y poder dar respuesta a la cartografía.

En cuanto a la temática central del escrito lodos desde el enfoque de la bioética y sustentabilidad permite visualizarlos como un todo, donde gracias a su composición nutricional y de materia orgánica brindan beneficios al suelo y cultivos agrícolas, agregando a esto el valor ecológico de su aprovechamiento (Urrea *et al.*, 2019). También La aplicación de los lodos en el suelo agrícola favorece las características fisicoquímicas y biológicas del mismo, mientras provee a las plantas de nutrientes esenciales (Lloret *et al.*, 2016); los lodos

mejoran la fertilidad del suelo reemplazando a muchos de los fertilizantes minerales de uso común. La incorporación de biosólidos en el recurso natural suelo permite la manipulación del pH incrementándolo o disminuyéndolo según las necesidades, aumenta la conductividad eléctrica, genera el incremento de los macronutrientes (N, P y K) y el contenido de carbono; en cuanto a las condiciones físicas proporciona estabilidad, densidad, porosidad y mejora la retención del agua, lo que por consiguiente ayuda al balance nutricional de las plantas, la producción y calidad del cultivo (Curci *et al.*, 2020). Sin embargo, su uso está condicionado a su tratamiento y composición de sustancias inorgánicas provenientes de productos de cuidado personal (Corradini *et al.*, 2019) ya que pueden originar problemas a la salud y daños ambientales posteriores (Robledo Zacarías *et al.*, 2017), como la bioacumulación de contaminantes y la migración de los mismos hacia el agua subterránea (Bożym y Siemiątkowski, 2018).

Los lodos residuales tal como se menciona en el escrito son compuestos controversiales que tienen efectos positivos muy marcados, pero también efectos negativos y su aprovechamiento desde la bioética y sustentabilidad origina un estado consciente para su correcta utilización, asegurando así la permanencia de los sitios enmendados y demás recursos naturales involucrados para las futuras generaciones.

## Conclusiones

Se presenta la noción y significado de bioética, sustentabilidad y lodos residuales; también se encontró la categorización de cada concepto identificando a la bioética como parte de las ciencias de la vida, a la sustentabilidad en la disciplina de economía y a los lodos catalogados como residuos; se mencionan las características, diferenciación, tipos, vinculación, metodología y algunos ejemplos, todo esto con la finalidad de encontrar la relación entre los términos bajo estudio y poder identificar la importancia la bioética y sustentabilidad en el aprovechamiento de los lodos residuales sin causar daños y efectos en el suelo, cultivos y demás recursos indispensables para la vida de la población del presente, así como las futuras generaciones. Identificando también que el grado de conciencia ambiental que se posee, será la pauta para aplicar la bioética y sustentabilidad en todas las actividades relacionadas con la explotación y uso de los recursos naturales.

## Referencias

- Alvarado, J. et al.** (2017) 'Contaminación Potencial Por Biosólidos Depositados En Un Campo Deportivo', *Biocencia*, 19(2), pp. 13–18. doi: 10.18633/biocencia.v19i2.379.
- Amador-Díaz, A., Veliz-Lorenzo, E. and Bataller-Venta, M.** (2015) 'Tratamiento de lodos, generalidades y aplicaciones', *Revista CENIC. Ciencias Químicas*, 46, pp. 1–10. Available at: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181642434003>.
- Amo, R.** (2019) 'Modelos de bioética', *Acta bioethica*, 25(1), pp. 103–114. doi: 10.4067/s1726-569x2019000100103.



- Benítez, J.** (2017) 'Relaciones entre los Sistemas de Evaluación de Impacto Ambiental , el Desarrollo Sustentable y los aspectos bioéticos', *Rev. Tekhné*, 20(2), pp. 75–77. Available at: <http://revistasenlinea.saber.ucab.edu.ve/temas/index.php/tekhne/index>.
- Bermeo-Yaffar, F., Hernández-Mosqueda, J. and Tobón-Tobón, S.** (2016) 'ANÁLISIS DOCUMENTAL DE LA V HEURÍSTICA MEDIANTE LA CARTOGRAFÍA CONCEPTUAL', *Ra Ximhai*, 12(6), pp. 103–121.
- Bondarczuk, K., Markowicz, A. and Piotrowska-seget, Z.** (2016) 'The urgent need for risk assessment on the antibiotic resistance spread via sewage sludge land application', *Environment International*, 87, pp. 49–55. doi: 10.1016/j.envint.2015.11.011.
- Bórquez, B. and Lopicich, B.** (2017) 'La dimensión bioética de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)', *Revista de Bioética y Derecho*, 41, pp. 121–139. Available at: [www.bioeticayderecho.ub.edu](http://www.bioeticayderecho.ub.edu) - ISSN 1886-5887.
- Bożym, M. and Siemiątkowski, G.** (2018) 'Characterization of composted sewage sludge during the maturation process: a pilot scale study', *Environmental Science and Pollution Research*, 25(34), pp. 34332–34342. doi: 10.1007/s11356-018-3335-x.
- Cantú, P.** (2015) 'BIOÉTICA Y EDUCACIÓN SUPERIOR EN MÉXICO', *Acta bioethica*, 21(1), pp. 45–52.
- Castillo, J. G. et al.** (2020) 'Alternativas en la estabilización de lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales', *Revista Riemat*, 5(1), pp. 23–27. doi: <https://doi.org/10.33936/riemat.v5i1.2499>.
- Cervantes-Cocom, G. and Chan-Ceh, C. G.** (2020) 'Gestión hídrica y educación ambiental como facilitadores del desarrollo turístico sustentable en Valladolid , Yucatán', *Tecnología y Ciencias del Agua*, 11(5), pp. 31–91. doi: 10.24850/j-tyca-2020-05-02.
- Coelho, Fabián** (27 de mayo 2019). "Sustentabilidad". En: [Significados.com](https://www.significados.com). <https://www.significados.com/sustentabilidad/>, recuperado 17 de mayo 2020.
- Contreras, D.** (2017) 'Sobre la urgencia de una bioética global.', *Revista Digital Universitaria*, 18, pp. 0–10. doi: <http://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2017.v18n8.a1>.
- Corradini, F. et al.** (2019) 'Evidence of microplastic accumulation in agricultural soils from sewage sludge disposal', *Science of the Total Environment*, 671, pp. 411–420. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.03.368.
- Cox, A. et al.** (2017) 'Reprint of: Silver and titanium dioxide nanoparticle toxicity in plants : A review of current research.', *Plant Physiology et Biochemistry*, 110, pp. 33–49. doi: 10.1016/j.plaphy.2016.08.007.
- Cupe, B. E. and Juscamaita, J. G.** (2018) 'Tratamiento de lodos residuales de una industria cervecera a través de fermentación homoláctica para la producción acelerada de abono orgánico', *Ecología aplicada*, 17(1), pp. 107–118. doi: <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v17i1.1179>.
- Curci, M. et al.** (2020) 'Short-Term Effects of Sewage Sludge Compost Amendment on Semiarid Soil', *Soil Systems*, 4(48), pp. 1–18. doi: 10.3390/soilsystems4030048.

**Delgado, M. del M. et al.** (2016) 'Efecto residual provocado por dos lodos de depuradora procedentes de un ensayo de fitorremediación con cardo en un cultivo de camelina ( *Camelina sativa* ( L.) Crantz ) en Madrid', *Rev. FCA UNCUYO*, 48(2).

**Díaz M.** (2020). Sustentabilidad: Concepto, tipos y ejemplos. En; Tu economía fácil. En: <https://tueconomiafacil.com/sustentabilidad-concepto-tipos-y-ejemplos/>, recuperado 15 de mayo 2020.

**Díaz-Azuara, S. A.** (2019) 'Estudio del eustrés académico desde el enfoque socioformativo mediante la cartografía conceptual Study based on academic eustress from a socio-formative approach through conceptual cartography Introducción', *Educación y Humanismo*, 21(37), pp. 8–27. doi: 10.17081/eduhum.21.3.

**Eid, E. M. et al.** (2018) 'Prediction models for evaluating the uptake of heavy metals by cucumbers (*Cucumis sativus* L.) grown in agricultural soils amended with sewage sludge', *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(9). doi: 10.1007/s10661-018-6885-y.

**Fang, W., Wei, Y. and Liu, J.** (2016) 'Comparative characterization of sewage sludge compost and soil: Heavy metal leaching characteristics', *Journal of Hazardous Materials*, 310, pp. 1 – 10. doi: 10.1016/j.jhazmat.2016.02.025.

**Gamboa-Bernal, G. A.** (2015) 'Los objetivos de desarrollo sostenible: una perspectiva bioética', *Persona y Bioética*, 19(2), pp. 175–181. doi: 10.5294/pebi.2015.19.2.1.

**Guerrero, J., Peláez Jaramillo, C. A. and Molina Perez, F. J.** (2016) 'Evaluación de la co-digestión anaerobia de lodos de aguas residuales municipales con residuos de alimentos TT - Anaerobic co-digestion of municipal sewage sludge with food waste TT - Avaliação do co-digestão anaeróbia de lodo de esgotos locais com resíduo', *Revista ION*, 29(1), pp. 63–70. doi: 10.18273/revion.v29n1-2016005.

**Guevara-López, U.** (2019) 'La bioética práctica normativa, moral objetiva o modernidad ilustrada. Una visión crítica.', *Revista Mexicana de Anestesiología*, 42, pp. 321–323.

**Juárez-Hernández, S. and Castro-González, A.** (2013) Factibilidad técnica y económica de la producción de hidrógeno a partir de lodos del tratamiento de agua y otros desechos.

**Kirchmann, H. et al.** (2017) 'From agricultural use of sewage sludge to nutrient extraction : A soil science outlook', *Ambio*, 46, pp. 143–154. doi: 10.1007/s13280-016-0816-3.

**Kottow, M.** (2016) 'Narrative Bioethics or Fictional Narrative of Bioethical Issues?', *Revista Latinoamericana de Bioética*, 16(2), pp. 58–69. doi: <http://dx.doi.org/10.18359/rlbi.1763> Cómo.

**Larrouyet, M. C.** (2015) 'Desarrollo sustentable. Origen, evolución y su implementación para el cuidado del planeta.', p. 47. Available at: <https://ridaa.unq.edu.ar>.

**León, F. J.** (2020) *BIOÉTICA Y MEDIO AMBIENTE*. Fundación. Santiago de Chile.

**Lloret, E. et al.** (2016) 'Sewage sludge addition modifies soil microbial communities and plant performance depending on the sludge stabilization process', *Applied Soil Ecology*, 101, pp. 37–46. doi: 10.1016/j.apsoil.2016.01.002.

- Medina-Herrera, M. del R. et al.** (2020) 'La aplicación de lodos residuales afecta, a corto plazo, la biomasa microbiana y su actividad en suelos sódicos', *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 36(3), pp. 577–591. doi: <https://doi.org/10.20937/RICA.53425>.
- Molina, N.** (2016) 'Formación bioética en ciencias de la salud', *Cien. Tecnol. Salud, vis. Ocul.*, 14(1), pp. 117–132. doi: <http://dx.doi.org/10.19052/sv.3544> Formación.
- Montiel-Soto, L. E., Nuñez-Contreras, E. and Viramontes-Acosta, A.** (2016) 'Elaboración de biofertilizante a partir de los lodos residuales de la Planta Tratadora de Aguas Residuales de Torreón, Coahuila', *Ciencia, Ingeniería y Desarrollo Tec Lerdo*, 1, pp. 2–7.
- Morales-Novelo, J. and Rodríguez-Tapia, L.** (2020) 'Sustentabilidad de la huella hídrica en la cuenca del valle de México', *Tecnología y Ciencias del Agua*, 11(4), pp. 58–100. doi: 10.24850/j-tyca-2020-04-03.
- Ortega- Carbajal, F., Hernández-Mosqueda, S. and Tobón-Tobón, S.** (2015) 'Análisis documental de la gestión del conocimiento mediante la cartografía conceptual', *RA Ximhai*, 11(4), pp. 141–160. Available at: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46142596009>.
- Ping, W. and Jing-Yuan, W.** (2016) 'Comprehensive characterisation of sewage sludge for thermochemical conversion processes – Based on Singapore survey', *Waste Management*. doi: 10.1016/j.wasman.2016.04.038.
- Pradas Del Real, A. E. et al.** (2018) 'Searching for relevant criteria to distinguish natural vs. anthropogenic TiO<sub>2</sub> nanoparticles in soils', *Environmental Science: Nano*, 5(12), pp. 2853–2863. doi: 10.1039/c8en00386f.
- Raffino, M.** (2020). Argentina. Concepto.de bioética. En: <https://concepto.de/bioetica/#ixzz6ZJPNwwy4>, recuperado 15 de mayo de 2020.
- Reyes, D. Y. et al.** (2020) 'Estabilización por vermicomposteo de lodos residuales aplicados en la productividad de albahaca (*Ocimum basilicum* L.)', *Rev. Int. Contam. Ambiental*, 36(2), pp. 371–381. doi: 10.20937/RICA.53537.
- Rivas-Muñoz, Fá. et al.** (2015) 'Bioética de intervención, interculturalidad y no-colonialidad', *Saude e Sociedade*, 24, pp. 137–146. doi: 10.1590/S0104-12902015S01012.
- Rivera, P., Chávez, R. and Rivera, F.** (2018) Avances y limitantes en el tratamiento del agua residual del estado de Zacatecas. doi: 10.24850/j-tyca-2018-01-08.
- Robledo Zacarías, V. H. et al.** (2017) 'Hidroquímica y contaminantes emergentes en aguas residuales urbano industriales de Morelia, Michoacán, México', *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(2), pp. 221–235. doi: 10.20937/RICA.2017.33.02.04.
- Sánchez, J. et al.** (2019) 'Evaluación de la degradación de contaminantes emergentes en el proceso de digestión anaerobia de lodos de EDAR', *Novedar*, (June).
- Sánchez-Balseca, J., Muñoz-Rodríguez, I. and Aldás-Sandoval, M.** (2019) 'Tratamiento biológico de desnitrificación de aguas residuales usando un reactor de biopelícula con cáscara de arroz como fuente de energía.', *Tecnología y Ciencias del Agua*, 10(2), pp. 78–97. doi: 10.24850/j-tyca-2019-02-03.

**Sciubba, L. et al.** (2015) 'Relationships between stability , maturity , water-extractable organic matter of municipal sewage sludge composts and soil functionality', *Environ. Sci Pollut Res.* doi: 10.1007/s11356-015-4611-7.

**SEMARNAT** (2005) 'Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos', in *Diario Oficial de la Federación*, pp. 1–32.

**SEMARNAT, S. de M. A. y R. N.** (2002) 'NOM-004-SEMARNAT-2002, Norma Oficial Mexicana, Protección ambiental. Lodos y biosolidos, especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.', SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, p. 66. Available at: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/NormasOficialesMexicanas.pdf%5Cnh> [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4863829&fecha=06/01/1997](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4863829&fecha=06/01/1997).

**Striedinger, M. P.** (2016) 'Bioética y desarrollo sostenible', *Revista Pistis Praxis*, 8(2), p. 497. doi: 10.7213/revistapistispraxis.08.002.ao03.

**Tobon, S. et al.** (2018) 'Prácticas pedagógicas: Análisis mediante la cartografía conceptual Pedagogical Practices: Analysis by conceptual cartography', *Espacios*, 39(53), p. 16. Available at: <http://www.revistaespacios.com/cited2017/cited2017-31.pdf>.

**Torri, S. I., Correa, R. S. and Renella, G.** (2017) 'Biosolid Application to Agricultural Land — a Contribution to Global Phosphorus Recycle: A Review', *Pedosphere*, 27(1), pp. 1–16. doi: 10.1016/S1002-0160(15)60106-0.

**UNESCO** (2015) *Global Bioethics what for?* United Nat. Paris, Francia.

**Urrea, J. et al.** (2019) 'Application of sewage sludge to agricultural soil increases the abundance of antibiotic resistance genes without altering the composition of prokaryotic communities', *Science of the Total Environment*, 647, pp. 1410–1420. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.08.092.

**Velázquez Machuca, M. A. et al.** (2019) 'Caracterización física y química de biochar de lodos residuales.', *Revista Terra Latinoamericana*, 37(3), p. 243. doi: 10.28940/terra.v37i3.409.

**Yate, A.** (2017) 'Relación Entre La Percepción De Los Conceptos De Bioética, Ética Y Moral, Del Ciudadano Común Y Las Definiciones Teóricas', *Revista Colombiana de Bioética*, 12(1), p. 25. doi: 10.18270/rcb.v12i1.2049.

**Yuan, J. et al.** (2016) 'Effects of aeration rate on maturity and gaseous emissions during sewage sludge composting', *Waste Management*, 56, pp. 403–410. doi: 10.1016/j.wasman.2016.07.017.

**Zabotto, A. R. et al.** (2019) 'Uso de lodos residuales como fertilizante en eucalipto - diagnóstico de investigación', *IDESIA (Chile)*, 37(2), pp. 103–108. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292019000200103>.

**Zhang, Q. et al.** (2017) 'Sludge treatment : Current research trends', *Bioresource Technology*, 243, pp. 1159–1172. doi: 10.1016/j.biortech.2017.07.070.