



**DETERMINACIÓN DE OPORTUNIDADES DE MEJORA EN EL PROCESO
ACTUAL DE COMPOSTAJE DEL JARDÍN BOTÁNICO JOSE CELESTINO
MUTIS, CON BASE EN REVISIÓN DE BASES DE DATOS ACADÉMICAS**

ELIZABETH CORTÉS DELGADO

UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO

FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL

BOGOTA, D.C

MAYO DE 2020

**DETERMINACIÓN DE OPORTUNIDADES DE MEJORA EN EL PROCESO
ACTUAL DE COMPOSTAJE DEL JARDÍN BOTÁNICO JOSE CELESTINO
MUTIS, CON BASE EN REVISIÓN DE BASES DE DATOS ACADÉMICAS**

ELIZABETH CORTÉS DELGADO

Código: 11231528556

PROYECTO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO AMBIENTAL

Director:

IVAN ALEJANDRO AVILA LEÓN, Ph.D

Modalidad de Proyecto:

Monografía

UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO

FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL

BOGOTA, D.C

MAYO DE 2020

Nota de aceptación:

Firma Director: Iván Alejandro Ávila León

Firma del Jurado

Firma del Jurado

DEDICATORIA

..... A Dios, por la vida y por darme la oportunidad de día a día cumplir las metas propuestas, que hacen de mi una mejor persona, para poder continuar con mis estudios superiores y de esta manera ejercer mi profesión con dedicación y amor.

..... A mi papá José Emiliano Cortés Saavedra, a quien le hubiera gustado verme graduar pero que desde el cielo me acompaña, y se siente orgulloso de que su hija menor pronto culminará su carrera profesional.

..... A mis hermanos: Claudia Patricia, Jhon Jairo, mis sobrinos: Felipe, Valentina, Sebastian, y especialmente a mi mamá y mi hermana Ana Paola Cortés, quienes son mi motor de lucha, me brindan su apoyo incondicional y confían plenamente en mi.

..... A mis profesores y a la universidad Antonio Nariño quienes con su sabiduría y conocimiento me guiaron desde el inicio de mis estudios profesionales, y han hecho en mi una profesional integral con valores y principios.

.....A mi tutor de grado Iván Ávila, quien con su experiencia y conocimiento en cada asesoría me brindó apoyo y confianza para poder terminar mi trabajo de grado con calidad y excelencia.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN _____	11
ABSTRACT _____	12
1. INTRODUCCIÓN _____	13
2. OBJETIVOS _____	14
2.1 GENERAL: _____	14
2.2 ESPECÍFICOS: _____	14
3. MARCO CONCEPTUAL _____	15
3.1 RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS _____	15
3.2 PROCESO DEL COMPOSTAJE _____	16
3.2.1 ETAPAS DEL COMPOSTAJE _____	16
3.3 CONDICIONES INICIALES DE CONTROL EN EL PROCESO DEL COMPOSTAJE _____	18
3.3.1 HUMEDAD _____	18
3.3.2 ESTRUCTURA: POROSIDAD Y FAS (FREE AIR SPACE) _____	18
3.3.3 RELACIÓN CARBONO - NITRÓGENO (C/N) _____	19
3.4 PARÁMETROS A CONTROLAR DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE _____	19
3.4.1 AIREACIÓN Y OXÍGENO _____	19
3.4.2 TEMPERATURA _____	20
3.4.3 pH _____	20
3.4.4 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA _____	21
3.4.5 LIXIVIADOS _____	21
3.4.6 TAMAÑO DE LA PARTÍCULA _____	22
3.5 CARACTERÍSTICAS DEL COMPOST PRODUCIDO _____	22
3.6 SISTEMAS DE COMPOSTAJE _____	22
3.6.1 SISTEMA ABIERTO _____	22
3.6.1.1 PILAS CON VOLTEO _____	23
3.6.1.2 PILAS ESTÁTICAS _____	24
3.6.2 SISTEMA SEMI-CERRADO _____	24
3.6.3 SISTEMA CERRADO _____	25

3.7 MICROORGANISMOS PRESENTES EN EL COMPOSTAJE _____	26
4. ESTADO DEL ARTE _____	27
4.1 BIODEGRADACIÓN EN EL COMPOSTAJE _____	27
4.2 BIOAUMENTACIÓN EN EL COMPOSTAJE _____	28
4.3 METALES PESADOS ENCONTRADOS EN EL COMPOSTAJE _____	29
4.4 REDUCCIÓN DE LIXIVIADOS EN EL PROCESO DEL COMPOSTAJE _____	30
4.5 NUEVAS TENDENCIAS EN EL COMPOSTAJE _____	31
5. METODOLOGÍA _____	32
5.1 DIAGNÓSTICO DEL COMPOSTAJE EN EL JARDIN BOTÁNICO JOSÉ CELESTINO MÚTIS _____	32
5.2 DEFINICIÓN CRITERIOS DE BÚSQUEDA _____	32
5.2.1 BÚSQUEDA INICIAL DE LITERATURA _____	34
5.2.2 GENERACIÓN DE ECUACIONES DE BÚSQUEDAS EFICIENTES _____	35
5.3 SELECCIÓN Y DEPURACIÓN DE LA INFORMACIÓN QUE NO TIENE AFINIDAD CON LA TEMATICA DE INVESTIGACIÓN _____	36
5.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA EN LAS BASES DE DATOS _____	36
5.4.1 ANÁLISIS GRÁFICO _____	37
5.5. DETERMINACIÓN OPORTUNIDADES DE MEJORA EN EL PROCESO DEL COMPOSTAJE EN EL JARDIN BOTÁNICO JOSÉ CELESTINO MÚTIS _____	37
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN _____	38
6.1 DIAGNÓSTICO INICIAL DEL COMPOSTAJE EN EL JARDIN BOTÁNICO JOSÉ CELESTINO MUTIS _____	38
6.2 RESULTADOS DE LA BUSQUEDA INICIAL RECURSOS ELECTRÓNICOS _____	38
6.2.1 BÚSQUEDA EN e-LIBRO _____	38
6.2.2 BUSQUEDA INICIAL EN SCOPUS Y SCIENCE DIRECT _____	39
6.3 RESULTADOS DE LAS ECUACIONES DE BÚSQUEDA EFICIENTES _____	40
6.3.1 BÚSQUEDA EFICIENTE EN SCOPUS Y SCIENCE DIRECT _____	41

6.4 DEPURACIÓN DE LA INFORMACIÓN QUE NO TIENE AFINIDAD CON LA INVESTIGACIÓN.	44
6.4.1 DEPURACIÓN EN LA PLATAFORMA e-LIBRO	44
6.4.2 DEPURACIÓN EN LA BASE DE DATOS SCOPUS	45
6.4.3 DEPURACIÓN EN LA BASE DE DATOS SCIENCE DIRECT	46
6.5 ANALISIS DE LA INFORMACIÓN DE LA BÚSQUEDA EFICIENTE	47
6.5.1 BASE DE DATOS SCOPUS	47
6.5.2 ANÁLISIS DE LA BASE DE DATOS SCIENCE DIRECT	51
6.6 DETERMINACIÓN OPORTUNIDADES DE MEJORA EN EL JARDIN BOTÁNICO JOSÉ CELESTINO MÚTIS	53
6.6.1 CONTROL DE LLUVIA	55
6.6.2 CONTROL DE LIXIVIADOS	56
6.6.3 REDUCCIÓN EN EL TIEMPO DEL COMPOSTAJE	58
6.7 COMPARACIÓN BASES DE DATOS SCOPUS VS SCIENCE DIRECT	59
7. CONCLUSIONES	61
8. RECOMENDACIONES	63
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
10. ANEXOS	74
ANEXO 1: ENCUESTA ADMINISTRADOR AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES EN EL JARDÍN BOTÁNICO JOSÉ CELESTINO MUTIS	74
ANEXO 2: ENCUESTA COORDINADOR DE AGRICULTURA URBANA Y ÁREA DE APROVECHAMIENTO EN EL JARDÍN BOTÁNICO JOSÉ CELESTINO MUTIS	77
ANEXO 3: PROTOCOLO DE BÚSQUEDA ESTABLECIDO EN LA REVISIÓN LITERARIA DEL COMPOSTAJE EN e-LIBRO Y LAS NUEVAS TENDENCIAS PARA SCOPUS Y SCIENCE DIRECT	80
ANEXO 3.1: BÚSQUEDA EN e-LIBRO	80
ANEXO 3.2: BÚSQUEDA EN SCOPUS	84
ANEXO 8.3: BÚSQUEDA EN SCIENCE DIRECT	93

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Compostaje _____	16
Figura 2: Etapas del compostaje _____	17
Figura 3: Sistema abierto de compostaje _____	23
Figura 4: Pilas con volteo en el sistema abierto de compostaje _____	23
Figura 5: Pilas estáticas aireadas de aireación forzada en el sistema abierto de compostaje_	24
Figura 6: Sistema semi-cerrado en el compostaje _____	25
Figura 7: Sistema cerrado de compostaje _____	26
Figura 8: Revisión bibliográfica en la plataforma virtual e-libro. _____	33
Figura 9: Búsqueda artículos para la base de datos Scopus _____	33
Figura 10: Búsqueda artículos para la base de datos Science Direct _____	34
Figura 11: Modelo para la generación de ecuaciones de búsqueda eficiente para Scopus y Science Direct _____	36
Figura 12: Términos de búsqueda según el modelo para la generación de ecuaciones eficientes _____	41

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Revisión literaria e-libro del proceso de compostaje y parámetros de control	39
Tabla 2: Revisión artículos de investigación en nuevas tendencias del proceso de compostaje en Scopus	41
Tabla 3: Revisión artículos de investigación en nuevas tendencias del proceso compostaje en Science Direct	43
Tabla 4: Criterios de depuración en la revisión literaria e-libro del proceso del compostaje y parámetros de control	44
Tabla 5: Criterios de depuración en la revisión de nuevas tendencias del proceso de compostaje en Scopus	45
Tabla 6: Criterios de depuración en la revisión de nuevas tendencias del proceso compostaje en Science Direct	46
Tabla 7: Oportunidades de mejora en el proceso compostaje para el Jardín Botánico José Celestino Mutis	53
Tabla 8: Selección artículos oportunidades de mejora en el proceso compostaje para el Jardín Botánico José Celestino Mutis	54
Tabla 9: Comparación bases de datos académicas consultadas	59

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Resultados revisión inicial en nuevas tendencias de compostaje para Scopus y Science Direct	40
Gráfico 2: Términos con mayores resultados en nuevas tendencias del compostaje en Scopus	48
Gráfico 3: Menores resultados en la revisión de nuevas tendencias del compostaje en Scopus	49
Gráfico 4: Publicación de artículos científicos por autor en Scopus	50
Gráfico 5: Publicación de artículos científicos por países/territorios en Scopus	50
Gráfico 6: Publicaciones de Revistas académicas en Science Direct	52

RESUMEN

La generación de los residuos sólidos orgánicos en la sociedad actualmente, es una de las grandes fuentes de contaminación a nivel mundial, en donde el tratamiento de los mismos por medio del compostaje es la alternativa planteada para la sostenibilidad económica y ambiental. El presente documento consistió en desarrollar una metodología que permitiera establecer las oportunidades de mejora del proceso actual de compostaje que se maneja en el Jardín Botánico José Celestino Mutis. Se establece en primer lugar un diagnóstico del compostaje actual en la entidad a través de una encuesta al personal encargado del manejo de este proceso; luego se definieron los criterios de búsqueda en las fuentes bibliográficas ofrecidas por la Universidad Antonio Nariño para describir el proceso de compostaje y sus parámetros de control. Con esa información se realizó una búsqueda inicial de la literatura sobre oportunidades de mejora del compostaje en el Jardín Botánico. Posteriormente se generó una ecuación de búsqueda eficiente enfocada en bases de datos y empleando operadores booleanos para seleccionar mejor los artículos que podrían ser útiles. Una vez utilizada la ecuación de búsqueda eficiente en las bases de datos, se realizó un proceso de selección, depuración, e interpretación de la información encontrada, por medio de análisis gráficos, finalmente se determinaron las posibles oportunidades de mejora que podrían ser implementadas en el Jardín Botánico José Celestino Mutis.

Palabras Clave: Compostaje, Tratamiento de residuos vegetales, Ecuación búsqueda eficiente, Bases de datos.

ABSTRACT

The generation of organic solid waste in society today, is one of the major sources of pollution worldwide, where the treatment of such waste through composting is the alternative proposed for economic and environmental sustainability. The present document consisted in developing a methodology that would allow establishing the opportunities to improve the current composting process that is managed in the José Celestino Mutis Botanical Garden. First, a diagnosis of the current composting process in the entity was established through a survey of the personnel in charge of managing this process; then the search criteria were defined in the bibliographic sources offered by the Universidad Antonio Nariño to describe the composting process and its control parameters. With this information, an initial search was made of the literature on opportunities for improving composting in the Botanical Garden. Later, an efficient search equation was generated focusing on databases and using Boolean operators to better select articles that could be useful. Once the efficient search equation was used in the databases, a process of selection, debugging, and interpretation of the information found was carried out, by means of graphic analysis. Finally, the possible improvement opportunities that could be implemented in the José Celestino Mutis Botanical Garden were determined.

Keywords: Solid waste recycling, Composting, Improvement opportunities, Efficient search equation.

1. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, el constante desarrollo económico y la acumulación de los residuos sólidos ha dejado de ser un estilo de vida fácil y utilitaria, para transformarse en una problemática global, que ligada al desarrollo de la tecnología a nivel mundial está colocando en riesgo la sostenibilidad del planeta.

La necesidad de llegar a definir la problemática de los residuos sólidos urbanos que provienen del crecimiento desmedido de las ciudades, y los establecimientos urbanos que generan las actividades productivas, impulsan al hombre a progresar en los sistemas de recolección, ubicación, reutilización y reciclaje de los residuos producidos, en áreas urbanas y rurales para llegar a ser sostenibles para el medio ambiente.

Por lo anterior se plantea la minimización de los residuos sólidos orgánicos generados a través del compostaje, como un tratamiento alternativo que le permite al hombre producir alimentos y otros productos como horticultura, transformación de la madera y generar abono natural para las plantas. El compostaje que representa la transformación de la materia orgánica en la naturaleza, le aporta a los suelos excelente fuente de transformación de la misma en las sustancias húmicas, reduciendo la contaminación atmosférica y aportando a la mitigación del impacto ambiental, por lo que el aprovechamiento del compost para subsanar los suelos agrícolas ha retomado importancia en los últimos años a nivel mundial.

De acuerdo al contexto anterior el presente trabajo tiene el enfoque de generar una interpretación del proceso de compostaje, con base a la experiencia adquirida en la pasantía en el Jardín Botánico José Celestino Mutis y en el conocimiento sobre el manejo que se le da al compostaje, proponiendo alternativas de mejora a través de las nuevas tendencias generadas en la actualidad en el compostaje.

2. OBJETIVOS

2.1 GENERAL:

Proponer alternativas que puedan mejorar el proceso de compostaje del Jardín Botánico José Celestino Mutis.

2.2 ESPECÍFICOS:

Identificar las características del proceso del compostaje en cada una de sus etapas y sus parámetros de control.

Realizar un diagnóstico del proceso de compostaje que se realiza actualmente en el Jardín Botánico José Celestino Mutis.

Definir las oportunidades de mejora en los procesos actuales del compostaje realizado por el Jardín Botánico José Celestino Mutis.

3. MARCO CONCEPTUAL

Existen diversas formas de contextualizar la materia orgánica, por lo que en la literatura se encuentra definida como aquel material procedente de animales o vegetales que se encuentren parcialmente descompuestos, descompuestos o sin descomposición; la cual se relaciona con el término de humus, que es la materia orgánica totalmente descompuesta y se denomina sustancias húmicas. **(Vargas Rojas, 2009)**. De ahí que, la materia orgánica es requerida para establecer y conservar los microorganismos presentes en el suelo porque los provee de nutrientes y energía **(García, 2009)**. Estos microorganismos en su momento afectan de manera directa o indirecta en las causas físicas y químicas presentes en el suelo; además, la materia orgánica mejora la calidad del suelo, impide que exceda su nivel de resiliencia y recupera aquellos suelos que estén dañados o contaminados **(Vásquez Conde, 2014; Pascual Valero et al., 2015)**.

3.1 RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Son generados en las actividades diarias de los seres humanos, quienes los consideran como inservibles y sin valor económico, procurando así eliminar este material lo más lejos que pueda **(Brion, 2004)**. Por consiguiente, los residuos sólidos urbanos son aquellos originados en las actividades del hogar y en actividades comerciales e industriales, entre los que se incluyen: aparatos electrónicos, ropa, pilas, muebles, enseres, residuos de escombros generados en la construcción **(Baird & Cann, 2015)**, animales domésticos muertos y vehículos abandonados; así como aquellos residuos que no sean catalogados como peligrosos y puedan ser relacionados con las actividades ya mencionadas **(Red Española De Compostaje, 2014; Flotats Ripoll et al., 2016)**.

Los residuos sólidos urbanos transformados mediante el proceso del compostaje son esencialmente los residuos procedentes de la fracción orgánica generados en los desechos de comida ya sea cruda o cocinada y que se encuentre aislada de su empaque, los residuos procedentes de los desechos generados de la fracción vegetal en dimensiones pequeñas y que no contengan madera, los residuos procedentes de los restos de poda y de tipo leñoso **(Navas Cuenca, 2015; Pecoraio, 2015)**. El aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos que se originan en el Jardín Botánico José Celestino Mutis, y que son utilizados en el proceso del compostaje provienen del mantenimiento de poda de pasto, rama y árboles de las colecciones existentes en la entidad, del mismo modo los residuos sólidos urbanos que generan los

visitantes al Jardín Botánico José Celestino Mutis son destinados al proceso del compostaje en un rango de 20-50%.

3.2 PROCESO DEL COMPOSTAJE

El compostaje es un desarrollo aerobio de descomposición y estabilización biológica de sustancias orgánicas, en condiciones adecuadas que le favorezcan la evolución de temperaturas termófilas como consecuencia del calor generado biológicamente, alcanzando un producto final controlado, exento de patógenos y semillas activas, y que además pueda ser utilizado de forma productiva en el suelo (**Red Española De Compostaje, 2015; Prieto Saralegui, 2016**). Por esta razón al resultado final del proceso estable de la materia orgánica se le denomina compost (figura 1), el cual al lograr un proceso controlado y una adecuada utilización de los materiales utilizados en el compostaje obtiene ventajas tales como reducción de la humedad y el volumen, el peso de los residuos, las emisiones generadas y la reducción en la pérdida de nutrientes; así como, un producto definitivo que tenga las condiciones indicadas para su aprovechamiento y/o utilización con fines agrícolas (**Moreno & Moral, 2008; Fiad, 2009**).



Figura 1: Compostaje

Tomado de Cabildo et al (2008)

3.2.1 ETAPAS DEL COMPOSTAJE

Las cuatro etapas presentes en el proceso de compostaje son las fases: mesófila, termófila, enfriamiento y maduración (figura 2). La fase inicial mesófila es la más dinámica

del compostaje en donde los microorganismos mesófilos allí presentes empiezan con la reducción de los compuestos que más fácilmente se pueden degradar, generando una temperatura moderada de 20°C y logrando un declive en el pH gracias a la formación de los ácidos orgánicos (Flotats & Campos, 2005). A continuación, en la segunda etapa del compostaje denominada termófila o fase de temperatura alta, existe una mayor liberación de energía en la actividad microbiológica que facilita la degradación de sustancias de compuestos de cadenas largas como proteínas, grasas e hidratos de carbono (celulosa y hemicelulosa); en esta fase el proceso de compostaje alcanza la temperatura máxima de 60 °C (Cabildo, Escolástico, & Santos, 2008; Solé, 2011).

Después se presenta la fase de enfriamiento, la cual se da en el momento en el que la temperatura presente en la actividad microbiana desciende por debajo de los 60 °C y en el material a compostar reaparecen los hongos termofílicos, que reinviden la capa superior del compost generando la descomposición de compuestos como la celulosa. Esta fase es la más importante en la ejecución del proceso del compostaje, ya que evita la generación de lixiviados y malos olores en la pila si se realiza adecuadamente (García & Soliva, 2012). Finalmente, en la etapa de maduración el compostaje logra que la estructuración básica de las macromoléculas incluyan el nitrógeno presente en la materia orgánica, generando estabilización del residuo obtenido como el producto final de las etapas del proceso del compostaje, en un lapso promedio de tiempo de 1 a 2 meses (López Pérez, 2017).

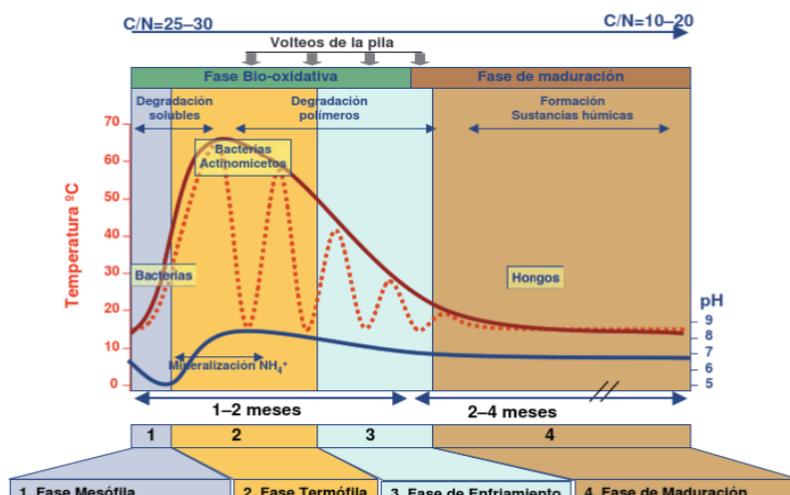


Figura 2: Etapas del compostaje

Tomado de Moreno et al (2008)

3.3 CONDICIONES INICIALES DE CONTROL EN EL PROCESO DEL COMPOSTAJE

Un adecuado proceso del compostaje se logra bajo condiciones óptimas iniciales y que le permitan su desarrollo en cada una de las etapas por las cuales es sometido. Estas condiciones se efectúan por medio de una serie de parámetros controlados, que incluyen: humedad, estructura: porosidad y FAS (*Free Air Space*) y relación carbono – nitrógeno (C/N) (**López, Navarro & Rad, 2011**), las cuales se describirán a continuación.

3.3.1 HUMEDAD

El agua es indispensable en el proceso del compostaje, porque allí es donde los microorganismos se desarrollan y logran evolucionar en mayor parte gracias a los procesos microbiológicos, requiriendo una cuantía mínima de humedad que les permitan sobrevivir en condiciones óptimas y que degraden los sustratos diluidos en el agua (**Red Española et al., 2015**). Por tanto la humedad es primordial en la evolución del proceso del compostaje ya que, cuanto más se humidifica, más presenta aumento en la retención de agua, siendo necesario proveer una adecuada humedad especialmente en la etapa termófila, en la cual se generan las mayores pérdidas ocasionadas por las elevadas temperaturas; por esta razón la humedad indicada en el compostaje a través de la materia orgánica es del 50 %, eliminando el exceso de humedad por medio de la aireación (**Taiariol, D, 2009**).

3.3.2 ESTRUCTURA: POROSIDAD Y FAS (*FREE AIR SPACE*)

La porosidad como parámetro de control en el proceso del compostaje, es la sumatoria del volumen que ocupan los poros en el agua y el aire con relación al volumen total de la pila del compostaje; de ahí que le permita a la actividad microbiana desarrollarse en el exterior de las partículas orgánicas, pues en su evolución se genera una disminución en el tamaño de la partícula reflejado en un incremento de superficie, así como en la velocidad de descomposición. En ese sentido, el tamaño de la partícula y la porosidad se vinculan directamente, una vez que las partículas de mayor tamaño aumentan su porosidad y las partículas pequeñas minimizan el desplazamiento de aire y agua (**Cabildo et al., 2008**).

Por consiguiente, el espacio de aire libre en el proceso del compostaje se denomina FAS (*Free Air Space*), el cual influencia la separación biológica de la materia orgánica, ya que se utiliza para comprobar las cantidades de agua y aire existentes en la masa del compostaje,

empleando el agua como medio de transporte, de alimento para las células y del resultado de los desechos de la reacción. Este contenido de agua en la pila del compostaje no puede invadir en su totalidad los poros de la masa, porque debe facilitar la circulación del oxígeno (**Moreno et al., 2008**).

3.3.3 RELACIÓN CARBONO - NITRÓGENO (C/N)

De los macronutrientes que están presentes en el suelo como lo son, el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K), el de mayor importancia es el nitrógeno, debido a que disminuye el material rico en azúcares y/o compuestos lignocelulósicos presentes en el material a compostar, y como resultado de la hidrólisis de la celulosa se genera glucosa, siendo esta la fuente principal de carbono para los microorganismos. En este orden de ideas, se produce la relación carbono-nitrógeno que genera una influencia notoria en el comportamiento físico y químico de los sustratos (**Castells, 2005**). En efecto, la determinación entre la relación C/N se utiliza para determinar el nivel de desacoplamiento de la materia orgánica (**Bernal Calderón et al., 2014**), por lo que entre más baja la relación carbono-nitrógeno, más mineralizada se encontrará la materia orgánica del material y por lo tanto más estable. Por esta razón una relación adecuada carbono-nitrógeno en el proceso del compostaje es C/N 20:1-25:1 (**Masaguer, López, Carmona, Fornés & Ordovás, 2015**).

3.4 PARÁMETROS A CONTROLAR DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE

Con la finalidad de obtener un compostaje óptimo y lograr un material orgánico estable, se deben llevar a cabo el seguimiento de una serie de parámetros a través de mediciones continuas durante todo el proceso del compostaje. Estos parámetros incluyen: aireación y oxígeno, temperatura, pH, conductividad eléctrica, lixiviados y tamaño de la partícula del compostaje (**Virginie, 2011; Sillero Moreno, 2012**).

3.4.1 AIREACIÓN Y OXÍGENO

La aireación, como parámetro fundamental en la transformación del proceso del compostaje, determina la descomposición de la materia orgánica y evacua el exceso de calor allí generado, evacua la humedad excedente del compostaje, conserva una temperatura adecuada y controlada en el proceso; incorpora oxígeno de aire al material compostado y minimiza el Dióxido de Carbono (CO₂) producido. Por consiguiente, para obtener estos

resultados se debe realizar un frecuente volteo de la materia orgánica que se genera en el compostaje garantizando la presencia de oxígeno, el cual debe ser aceptable para poder preservar la actividad microbiana del compostaje y la degradación de los microorganismos (Flotats *et al.*, 2005).

De ahí que el oxígeno sea otro parámetro fundamental en el progreso del compostaje, pues los microorganismos que allí actúan son de tipo aerobio, generando variación en los porcentajes del oxígeno presente en el aire libre, en proporción oxígeno - aire (18 – 20 %), reduciendo este porcentaje hacia el interior de la pila en donde se logra un incremento del Dióxido de Carbono (CO₂), con relación de 0.5 y 2% de contenido de oxígeno a una profundidad superior de 60 cm; por lo tanto si no hay suficiente oxígeno en el proceso del compostaje, prevalece el desarrollo de los microorganismos anaerobios, retardando así el proceso del compostaje y generando procesos de fermentación. (Moreno *et al.*, 2008).

3.4.2 TEMPERATURA

En el proceso del compostaje es indispensable una adecuada temperatura presente en el proceso aeróbico de los microorganismos, en donde se manejan tres clases de temperatura: psicrófilo (inferior a 20 °C); mesófila (valor indicado de 35 a 37 °C) y en termófila (valor indicado de 55 a 57°C). Un incremento en la temperatura permite aumentar la velocidad de la tasa de la hidrólisis y la velocidad de crecimiento de las bacterias; además, disminuye los patógenos presentes en el rango termofílico, el cual requiere una controlada temperatura para evitar la disminución en su actividad durante el compostaje (Galván Meraz, 2009; Solera del Río *et al.*, 2014).

3.4.3 pH

El pH presente en el compost se identifica entre el rango óptimo de 4.5 a 8.5 y con base a la naturaleza del compostaje, puede aumentar si hay presencia de compost de estiércol y restos vegetales, afectando perjudicialmente los nutrientes disponibles (Masaguer *et al.*, 2015). El efecto que se genera durante un pH alto en el nitrógeno amoniacal es crucial al pasar a amoníaco, facilitando así su eliminación por volatilización; además, el valor del pH puede alterarse durante la aireación porque si no se controla se generan condiciones anaerobias y los ácidos húmicos se desgastan más, logrando un pH muy inferior a 5 (Castells *et al.*, 2005).

3.4.4 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

La conductividad eléctrica en el suelo mide la capacidad para conducir corriente eléctrica al emplear la propiedad de las sales en la conducción de la misma; en el proceso que se desarrolla en el compostaje, la conductividad eléctrica se define por el entorno y la composición del material inicial, especialmente por su agrupamiento de sales y en inferior rango por la apariencia de los iones de nitrato o amonio que se generan en el proceso. Por consiguiente, esta conductividad frecuentemente aumenta en el avance del desarrollo del compostaje, a causa de la mineralización de la materia orgánica que ocasiona el incremento de la agrupación de nutrientes; así, cuando se genera una disminución de la conductividad eléctrica es en base a los sucesos de lixiviación de la masa ocasionada por una humidificación desmesurada; los valores en todo el proceso del compostaje no pueden superar los 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (**Moreno *et al.*, 2008; Castells, 2009**).

3.4.5 LIXIVIADOS

El lixiviado es formado entre el intercambio de un líquido, generalmente agua, sobre un residuo sólido, o de los efluentes que se generan por el propio funcionamiento de la descomposición proveniente del residuo; una vez el agua tiene contacto con el residuo se forma el lixiviado a través de las siguientes vías: agua inducida por medio del material de recubrimiento y agua proveniente de la zona de vertido o que caiga durante las operaciones del residuo (**Anzolin, 2015**). Por tanto, la composición de un lixiviado no es posible generalizarse ya que está sometido a las cualidades del residuo que pueden ser: orgánico/inorgánico, soluble/insoluble, degradable/ no degradable. En este orden de ideas, el lixiviado contiene nutrientes solubles y algunos microorganismos que provienen del compostaje y que pueden estar presentes en el sistema cerrado del compostaje (**López Pérez, 2017**).

En el proceso del compostaje es esencial poder controlar los lixiviados que se generan, para así evitar valores excesivos en el pH, la demanda química de oxígeno (DQO), la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y las sales amoniacales (NH_4^+). Por lo tanto, un adecuado control de lixiviados en el proceso del compostaje evita el mal olor que se pueda generar, evita la contaminación en el suelo y en aguas profundas, evita la liberación de metales pesados, el arrastre de patógenos, la afectación al paisaje y al terreno agrícola (**Contreras López & Molero Meneses, 2011**).

3.4.6 TAMAÑO DE LA PARTÍCULA

Una de las causas esenciales en el avance del compostaje es el tamaño de la partícula, la cual es la encargada de reducir la masa y el volumen del material existente en el compostaje (**Sadhwani, 2015**). La reducción del tamaño de la partícula se causa por varios factores como la transformación biológica, el movimiento mecánico de fragmentación por los sistemas de volteo, la mezcla del compostaje y el método de cribado, que tiende a generar productos de menor tamaño debido a la retirada de impurezas. Este tamaño de la partícula en las pilas con volteo debe ser aproximadamente de 2.5 a 7.5 cm (**López Martínez et al., 2014**).

3.5 CARACTERÍSTICAS DEL COMPOST PRODUCIDO

Las características obtenidas en el proceso del compostaje se reflejan en los efectos que el compost tiene en el suelo, estas características se identifican en las propiedades físicas, químicas y biológicas. En las propiedades físicas la acción que se genera con el compost lo determina el progreso y la firmeza del suelo, en el aumento de la porosidad y permeabilidad del aire; en las propiedades químicas, el efecto presente es el aumento del intercambio catiónico y la capacidad de la materia orgánica. Finalmente en las propiedades biológicas, el aumento de la microbiota impulsa la actividad microbiana, y evita la producción de patógenos presentes en el compostaje (**Puerta, E. S. M, 2009; Trillas Gay et al., 2014**).

3.6 SISTEMAS DE COMPOSTAJE

Los sistemas en el proceso del compostaje propician su correcto desarrollo; estos sistemas permiten agrupar la materia orgánica, y facilitar que el propio calor allí generado tenga la temperatura necesaria para no requerir aportes externos de energía; estos sistemas varían en la magnitud del procedimiento utilizado por lo que se clasifican en sistemas abiertos, sistemas semi-cerrados y sistemas cerrados (**Nogués, García & Rezeau, 2010**).

3.6.1 SISTEMA ABIERTO

Estos sistemas se basan en la configuración con montones de materiales que tendrán la finalidad de ser compostados, por tanto esta forma de apilar el material puede variar (pilas, mesetas, zanjas etc.) del mismo modo que el sistema para la manipulación de dicho material, dependerá de las dimensiones de la planta y maquinaria disponible (dinámico o mecánico). Lo

más usual es utilizar pilas con volteo y pilas estáticas ventiladas (figura 3) (Moreno *et al.*, 2008).



Figura 3: Sistema abierto de compostaje
Tomado de Ruiz et al (2015)

3.6.1.1 PILAS CON VOLTEO

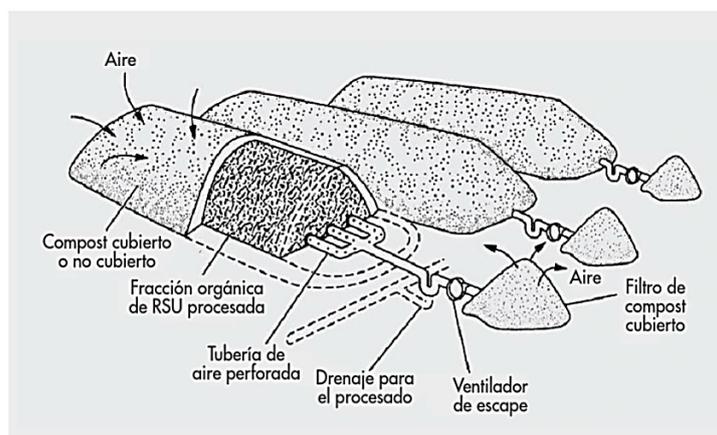
En esta tecnología de compostaje, el material a compostar se apila en el suelo y la aireación de los materiales se realiza a través de volteos frecuentes con una maquinaria adecuada, con una regularidad de 6 a 10 días según el material, la humedad presente y la velocidad con la que se decida realizar este proceso; estos volteos facilitan aumentar la porosidad, mejorar la ventilación, homogeneizar la mezcla, controlar la temperatura y la humedad del compostaje (figura 4). Por eso el tamaño de medidas adecuadas para estas pilas está entre el rango 1.2 a 2 m de altura y de 2 a 4 m de ancho (Cabildo *et al.*, 2008).



Figura 4: Pilas con volteo en el sistema abierto de compostaje
Tomado de Ruiz et al (2015)

3.6.1.2 PILAS ESTÁTICAS

Esta técnica del compostaje se suele utilizar para compostar el material homogéneo de forma aeróbica, a través de pilas estáticas con aeración pasiva y con aireación forzada (figura 5). Las pilas con aireación pasiva le abastecen aire a los materiales compostados por medio de tuberías perforadas ubicadas en la cima de la pila, no requiriendo así voltear el material compostado, en donde el aire atraviesa los extremos de las tuberías y traspasa hacia la parte superior de las pilas. En las pilas de aireación forzada se emplea el método de aireación mecanizado, en donde las pilas son ventiladas por convección natural utilizando ventiladores mecánicos y propiciando el control de la concentración de oxígeno (15-20 %). Por eso, el tamaño aproximado de estas pilas es de 2 a 2.5 m y su progreso tarda aproximadamente 8 semanas (López Pérez *et al.*, 2017).



*Figura 5: Pilas estáticas aireadas de aireación forzada en el sistema abierto de compostaje
Tomado de Castells (2005)*

3.6.2 SISTEMA SEMI-CERRADO

Esta tecnología del proceso del compostaje aglomera y dispone los materiales que se van a compostar entre dos paredes paralelas en forma de trinchera (figura 6); allí actúan como rieles en donde circula una máquina volteadora, que lleva a cabo el volteo del material pero con un movimiento que se programa en función de una velocidad constante ya establecida, y de tal manera que se pueda obtener el material compostado al final de la trinchera si se realiza en los tiempos adecuados (Castells *et al.*, 2005). Este sistema permite trabajar con dimensiones de ancho en el canal entre 3-5 m, la altura de los muros entre 2-3 m, la longitud generalmente está entre 60 -140 m y el número de trincheras no supera las 16 hileras; además este sistema

facilita tener un mayor control de la temperatura, la humedad, el oxígeno mediante volteos periódicos y la viabilidad de aireación selectiva. La duración del sistema semi-cerrado en el compostaje varía de 4 a 7 semanas (**Moreno *et al.*, 2008**).



*Figura 6: Sistema semi-cerrado en el compostaje
Tomado de Moreno & Herrero (2008)*

3.6.3 SISTEMA CERRADO

En esta técnica utilizada en el proceso del compostaje, el elemento a compostar no permanece en contacto con el medio ambiente; esta conexión se da por medio de un sistema de conductos y turbinas que le permite el control de los olores que se generan en la fermentación del compostaje (figura 7). La evolución del sistema cerrado en el compostaje, ha representado que por su utilización en los residuos sólidos orgánicos sea catalogado como una tecnología de tratamiento moderno de la materia orgánica. Este sistema permite ajustar el contenido de humedad (60-65%), contenido de nutrientes, lixiviados, temperatura y pH (**Red Española *et al.*, 2015**).

En el sistema cerrado del compostaje la aireación ocurre a través de aireación asistida, permitiendo ajustar la velocidad para llevar a cabo un adecuado proceso en la obtención de un compost maduro, un control de recirculación del aire ocurrido en la aireación forzada evitando el escape de la temperatura y la humedad en el compost; el tiempo promedio en este sistema es de 2-3 semanas, aunque la falta de volteos del material compostado incide negativamente sobre la calidad y madurez del compost final (**Nogués *et al.*, 2010**).



Figura 7: Sistema cerrado de compostaje
Tomado de Ruiz et al (2015)

3.7 MICROORGANISMOS PRESENTES EN EL COMPOSTAJE

Los microorganismos que intervienen en la evolución del compostaje son: las bacterias las cuales son las encargadas de la descomposición y generación de calor que actúan a una temperatura de 55°C; los actinomicetos, quienes participan en el proceso del compostaje deteriorando la celulosa y la lignina y los hongos, quienes operan en los materiales duros y secos (Lerma, López & Sánchez, 2015). Estos microorganismos se pueden establecer en dos grupos: En primer lugar, están los microorganismos que hidrolizan compuestos de alta masa molecular como polímeros orgánicos, lípidos o unidades compuestas por monosacáridos, aminoácidos o ácidos grasos empleados como fuente de energía. A continuación, otro tipo de microorganismos modifica los compuestos del primer grupo a compuestos de gran masa molecular menor, estos microorganismos son ácidos orgánicos como el ácido acético (Fraume Restrepo, 2007; Cabildo et al., 2008).

En la sucesión microbiana en el proceso del compostaje están presentes para la fase mesófila las bacterias *Gram Negativas*, *Proteobacterias (Pseudomonas)*, las bacterias *Gram Positivas*, *Bacillus*, *Lactobacillus*, *Actinomicetos* y también se encuentran presentes los hongos *Ascomycota: Penicillium/Aspergillus Zygomycota: Mucor*. En el proceso del compostaje, para la fase termófila las bacterias presentes son *Bacillus*, *Thermus*, *Hydrogenobacter* y los *Actinomicetos Streptomyces*. En la fase de enfriamiento se encuentran las bacterias *Gram Positivas*, *Actinomicetos*, hongos de los *Filum Ascomycota* y *Basidiomycota*, *Protozoos*, *Nemátodos*, los *Estramenopilos*. Finalmente, en la fase de maduración están presentes las

bacterias *Gram Negativas*, los *Actinomicetos*, los hongos: *Ascomycota*, *Zygomycota*, *Oomycota*, las Algas y los Nemátodos (**Moreno et al., 2008**).

4. ESTADO DEL ARTE

A continuación se describen las nuevas tendencias realizadas en el proceso del compostaje desde el año 2014 al año 2019, con base a la revisión de escritos científicos en las bases de datos académicas *Scopus* y *Science Direct*.

4.1 BIODEGRADACIÓN EN EL COMPOSTAJE

Sarpong y colaboradores (2019), evaluaron la capacidad que tiene la mosca soldado negra para degradar la materia orgánica y la colonización que logra en los desechos de animales, en su calidad de abono o fertilizante orgánico; la mosca soldado negra se produce con fines agrícolas a través del tratamiento de los residuos sólidos orgánicos provenientes de restaurantes, mercado y hogares. En la investigación analizaron las concentraciones de nutrientes del compostaje, en relaciones de carbono-fósforo C/P 48:1 a 21:1; y la reducción en la relación carbono-nitrógeno C/N la cual fue de 14:1 a 8:1, destacando que la relación C/N en valores menores a 15 se adapta mejor para la utilización de fines agrícolas, aportándole nutrientes al compostaje y sirviendo como acondicionador en el suelo, mejorando además el crecimiento de los cultivos, aumentando la calidad del suelo y logrando una disminución de los metales pesados una vez se utilizó el compostaje utilizando la larva encima del material a compostar.

Ahmed y colaboradores (2019), enfatizaron en su investigación como las diferentes tecnologías pueden recuperar los nutrientes tales como el nitrógeno, el fósforo y el potasio generados en los desechos de los residuos sólidos; estas tecnologías probadas en el proceso del compostaje y que permiten lograr un reciclaje de dichos nutrientes son: el vermicompostaje el cual usa las lombrices de tierra para descomponer los residuos domésticos y de jardín, generando aumento en la velocidad habitual del compostaje y el biochar que es un derivado del carbono estable generado en la pirólisis, para ser aplicado en la agricultura sostenible por medio del compostaje utilizando la biomasa vegetal y/o animal.

(Abu Qdais & Al-Widyan, 2016), investigaron la evolución del compostaje y el co-compostaje en varios desechos agroindustriales, adicionando sustratos de polvo de grano de la

aceituna, residuos de procesamiento de café y residuos de almazara, utilizados en siete pilas de compostaje y co-compostaje en escala piloto. Se monitorearon en este proceso, la temperatura y la humedad del contenido de las pilas, realizando ajustes cuando fue necesario a una velocidad constante y en un periodo total de compostaje de 38 a 70 días. El resultado determinó que la biodegradación de las pilas en el compostaje ocurrió primero en el polvo de grano, seguido del residuo de procesamiento de café y finalmente en los desechos del molino de oliva; en cuanto al co-compostaje, se biodegradó primero el polvo del grano de la aceituna y los desechos del café, seguido del polvo de granos mezclados con residuos de molienda y aceituna seca, y finalmente se degradó el polvo de grano con residuos frescos de aceitunas; resaltando la importancia de la planificación y el diseño de una instalación para llevar a cabo el proceso del compostaje.

4.2 BIOAUMENTACIÓN EN EL COMPOSTAJE

Wang y colaboradores (2019), analizaron las propiedades fisicoquímicas de la comunidad bacteriana, que está presente en la inoculación del compostaje de cáscara de cítricos y el salvado, y que permiten el crecimiento vegetal en el compostaje; determinaron la evolución del proceso a escala piloto (permitiendo simular el comportamiento de la materia orgánica) y la evolución del proceso del compostaje en escala de laboratorio; identificaron que la etapa termofílica en el compostaje a escala piloto con duración de 20 días fué más larga que el compostaje realizado en la escala de laboratorio. Los resultados arrojaron condiciones óptimas de compostaje en: contenido de carbono-nitrógeno de 8.78 y 7.21, la materia orgánica 59.28 % y 54.42%, la humedad, la pectina y la celulosa disminuyeron en el proceso de descomposición del compostaje, y el pH presentó un aumento; por lo que la adición del inóculo microbiano a la cáscara de cítricos aumentaría la temperatura de la pila del compostaje, permitiría acelerar la degradación de la pectina, la celulosa y el desgaste de la materia orgánica; la cual se presenta mejor a escala piloto debido a las comunidades bacterianas presentes como lo son *Bacillus*, *Sphingobacterium* y *Saccharomonospora*.

Liu y colaboradores (2018), establecieron las características de la comunidad bacteriana en la etapa termofílica del compostaje de residuos verdes que incluye desechos de césped, plantas y recortes de árboles. Realizaron ocho tratamientos distintos de compostaje tradicional y tres tratamientos de compostaje de residuos verdes, para lograr relacionar el efecto de la celulosa del 0.2%, el inóculo microbiano de 0.2 y 4%, y el tamaño de la partícula del

compostaje entre 2 y 5 mm. Los resultados arrojaron que las comunidades bacterianas *Firmicutes*, *Chloroflexi* y *Proteobacteria*, manifestaron mayor abundancia en la etapa termofílica del proceso del compostaje y el tamaño de la partícula de 2 mm, indicó una mayor diversidad de las comunidades bacterianas. Por lo tanto adicionarle al proceso de compostaje celulosa y un inóculo microbiano, favorece una adecuada temperatura, reduce el pH alto en el compost y disminuye la relación C/N; siendo así la celulosa un buen indicador para la realización del compostaje utilizando desechos verdes.

Jurado y colaboradores (2014), analizaron la particularidad de la comunidad microbiana que permanece en el compostaje basado en compuestos lignocelulósicos, así como sus actividades metabólicas e investigan la capacidad de aislamiento de selección generados en la bioacumulación del proceso del compostaje; identificaron las especies bacterianas presentes en el proceso del compostaje como lo son: *Firmicutes*, *Actinobacterias* y *Proteobacterias* y Hongos del *Filo Ascomycota*, y destacaron nuevas especies encontradas por primera vez en el ecosistema lignocelulósico como *Arthrobacter Russicus*, y *Microbacterium Gubbeenense*. La investigación enfatizó en que los aislamientos bacterianos y fúngicos, presentaron variedades en la descomposición de polímeros como lignocelulosa, proteínas, lípidos, pectina, almidón; en cuanto a la solubilización de fosfato en aplicaciones biotecnológicas representan cualidades adaptables a los microorganismos, un gran potencial como inoculantes en la mejora del compostaje, en la producción de enzimas y en la biorremediación.

4.3 METALES PESADOS ENCONTRADOS EN EL COMPOSTAJE

Yang y colaboradores (2019), estudiaron la eliminación de metales pesados generados en el sistema del compostaje, a través de un nuevo método que mezcla bacterias funcionales con materiales adsorbentes como el carbón activado y zeolitas (minerales) naturales; en los materiales adsorbentes elegidos, el cromo indicó una eficiencia de eliminación significativa junto con el tratamiento de la esponja en un 19.09%, y en el tratamiento con algodón en un 26.36%; determinaron que los metales pesados se removieron hacia el exterior de la columna del compostaje, eliminando metales pesados tales como el cobre, el cadmio, el cromo y el plomo; sugiriendo así la mezcla de bacterias funcionales y materiales adsorbentes para una productiva eliminación de metales pesados que se generan en el proceso del compostaje.

Kim y colaboradores (2018), estudiaron una técnica que aumenta el contenido de nitrógeno en el compost de desechos vegetales, en una mezcla con aserrín en proporciones variadas de 30-50% para un primer ciclo de compostaje; una vez finalizó este proceso, se mezclaron los desechos verdes obtenidos en proporciones de 10-30% para el segundo ciclo de compostaje. Posteriormente realizaron un seguimiento controlado a la fitotoxicidad, al contenido de nutrientes y a la concentración de metales pesados del compost final en los dos ciclos del proceso de compostaje. Los resultados de los dos ciclos de compost indicaron que el compost de desechos vegetales controla los metales pesados por el alto contenido de nutrientes que le aportan en la recuperación del suelo.

4.4 REDUCCIÓN DE LIXIVIADOS EN EL PROCESO DEL COMPOSTAJE

(Bhave & Kulkarni, 2019), analizaron los efectos que genera la influencia de la aireación activa, utilizando un sistema de aireación externa que favorece la transferencia de oxígeno, y el efecto que genera la aireación pasiva en los residuos domésticos biodegradables (derivados de la alimentación y de la cocina); por lo que utilizaron dos reactores de compostaje a escala en el laboratorio con desechos vegetales en un 23%, residuos cocidos y crudos en un 65 %, y residuos de frutas en un 12%. Los resultados del experimento indicaron que el periodo de maduración fue mejor en el reactor que utilizó aireación pasiva con un 37.3 % menor al periodo de maduración del reactor que utilizó aireación natural, y además se generó una formación menor de lixiviados en el reactor de forma natural, junto con la minimización de los malos olores generados en el compostaje

Yuan y colaboradores (2015), investigaron la forma de disminuir las emisiones de amoníaco (NH_3) y ácido sulfhídrico (H_2S) que pueden generar malos olores en el proceso del compostaje, mezclaron tallos secos de maíz con desechos de cocina, obteniendo una mezcla que incluía 15 % de peso húmedo. Realizaron además una mezcla de desechos de cocina con cloruro férrico (FeCl_3), generando como resultado que los desechos de cocina mezclados con tallos secos de maíz produjeron menos lixiviados en el compostaje, alcanzando también la madurez necesaria en proceso. Además, los tallos de maíz generaron menos emisiones de ácido sulfhídrico, y el cloruro férrico disminuyó no solo el ácido sulfhídrico en un 76%, sino también la cantidad de NH_3 emitidas en el compostaje en un 42%. Por lo tanto mezclar los tallos de maíz con un pretratamiento de cloruro férrico, es una estrategia factible que genera un compost maduro y reduce la cantidad de malos olores producidos en el compost de los desechos de cocina.

4.5 NUEVAS TENDENCIAS EN EL COMPOSTAJE

Puyuelo y colaboradores (2014), analizaron diferentes metodologías para determinar cuál es el proceso óptimo que se genera durante la aireación en la etapa termofílica, utilizando los desechos de los residuos sólidos en reactores a escala que involucran: a) la aireación cíclica tradicional con aireación forzada, b) un controlador que simula el flujo de aire por medio del contenido de oxígeno y c) un controlador que regula automáticamente el flujo de aire. Los resultados indicaron que el controlador que simula el flujo de aire genera más emisiones generadas en el proceso del compostaje y el controlador que regula automáticamente el flujo de aire indicó un mejor rendimiento; representando este último controlador como un nuevo indicador en la eficiencia de la respiración del proceso del compostaje, ya que incrementa la estabilidad del producto final del compost, además genera disminución en los gases de efecto invernadero y minimiza el impacto ambiental desfavorable que genera el proceso del compostaje.

López y colaboradores (2014), puntualizan en un avance para lograr un adecuado monitoreo del proceso del compostaje, por medio de una red inalámbrica de sensores combinado por múltiples nodos equipados con un sensor de temperatura, un sensor de humedad, una bobina de carga, una antena, una carga de circuito impreso, y un sistema de comunicación en un material resistente, que logra la medición eficiente de la temperatura y la humedad en tiempos reales, y en diferentes puntos del material que se va a compostar; por lo que se recomienda una temperatura adecuada en el compostaje de hileras de 55 °C. Para asegurar el correcto funcionamiento de los nodos se debe realizar las mediciones de temperatura y humedad cada hora. Este sistema demuestra ser una herramienta que le puede aportar al proceso del compostaje recortar tiempo en su desarrollo y mano de obra, ya que los valores los arroja en tiempo real; por lo tanto el costo del sistema esta sujeto al tamaño de las pilas que se van a compostar.

5. METODOLOGÍA

La metodología utilizada en la investigación es de tipo cualitativa, la cual permite establecer una orientación interpretativa de la información recolectada a través de datos en estudios realizados ya sean de tipo descriptivo, científico, argumentativo o investigativo; identificando las variables en el contexto del tema a desarrollar. Con la finalidad de cumplir los objetivos propuestos en la investigación de alternativas de mejora para el proceso del compostaje en el Jardín Botánico José Celestino Mutis, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

5.1 DIAGNÓSTICO DEL COMPOSTAJE EN EL JARDIN BOTÁNICO JOSÉ CELESTINO MÚTIS

Se determinó cual es la cantidad y el tipo de Residuos Sólidos Orgánicos generados en el Jardín Botánico José Celestino Mutis, así como el estado actual del proceso de compostaje, gracias a una encuesta realizada al personal encargado de llevar a cabo el manejo y el control este proceso en la entidad; las preguntas realizadas fueron distribuidas en 6 secciones enfocadas en: a) los datos generales de las dos personas a cargo del proceso de compostaje en el Jardín Botánico José Celestino Mutis, b) la opinión general que tienen acerca del compostaje, c) la recolección de datos generales en el proceso de compostaje en la entidad, d) la evolución del proceso de compostaje, e) los principales obstáculos que presenta el desarrollo del compostaje y f) finaliza la encuesta con 3 preguntas que determinan la experiencia adquirida en el Jardín Botánico realizando el proceso del compostaje. Esta encuesta se puede evidenciar con más detalle en el anexo 1 y 2 del presente documento.

5.2 DEFINICIÓN CRITERIOS DE BÚSQUEDA

Para empezar, se establecieron los criterios de búsqueda en las fuentes bibliográficas que ofrece la Universidad Antonio Nariño sobre el proceso del compostaje, sus etapas y parámetros de control; el filtro se enfocó en búsquedas de libros electrónicos en la plataforma virtual de la Universidad Antonio Nariño **e-Libro**. Se restringieron estas búsquedas al periodo **2004-2017**, variando los niveles de términos de búsqueda, campo de búsqueda y **acceso abierto** del recurso electrónico virtual para poder consultarlo (figura 8).

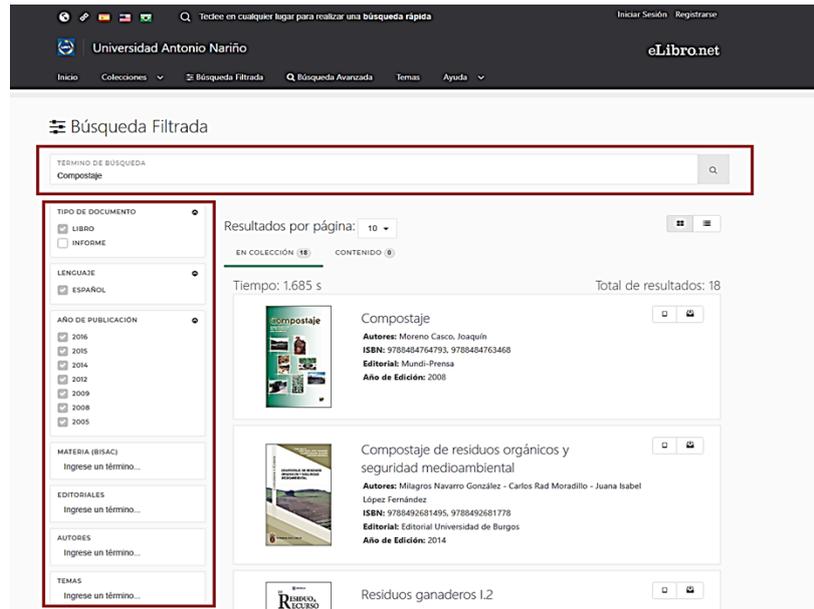


Figura 8: Revisión bibliográfica en la plataforma virtual e-libro.

Fuente. Autora

A continuación, los criterios de búsqueda se definieron para los recursos electrónicos multidisciplinares *Scopus* y *Science Direct*, resaltando las nuevas tendencias en el proceso del compostaje y las oportunidades de mejora para el Jardín Botánico José Celestino Mutis. Se eligieron diferentes términos de búsqueda para las bases de datos *Scopus* (figura 9) y *Science Direct* (figura 10), utilizando una ecuación de búsqueda eficiente y filtrando por a) tipo de documento: **artículo de investigación**; b) rango de publicación para los años **2014 – 2019**, enfocando la **información en acceso abierto**.

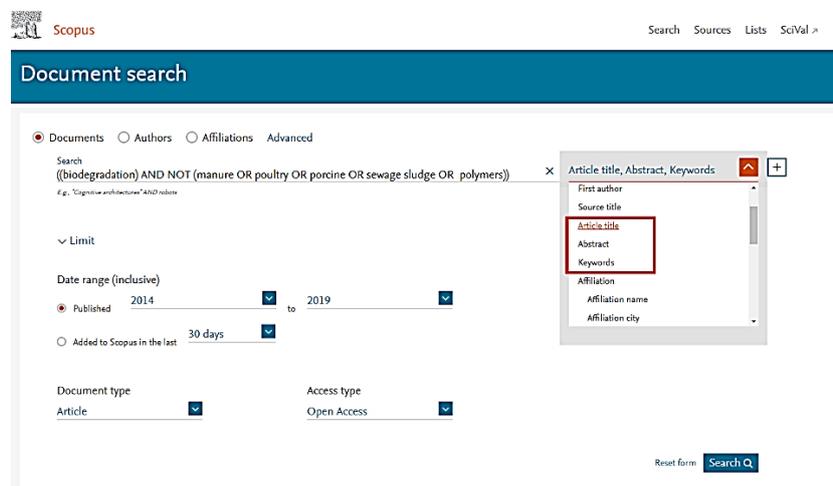


Figura 9: Búsqueda artículos para la base de datos Scopus

Fuente. Autora

Advanced Search  ScienceDirect Journals & Books

Search tips ⓘ

Find articles with these terms
 ((biodegradation) AND NOT (manure OR poultry OR porcine OR sewage OR sludge OR polymers)) AND (composting) ×

In this journal or book title Year(s)
2014-2019

Author(s) Author affiliation

Title, abstract or author-specified keywords

Title
composting

Volume(s) Issue(s) Page(s) ISSN or ISBN

References

Article types ⓘ

<input type="checkbox"/> Review articles	<input type="checkbox"/> Correspondence	<input checked="" type="checkbox"/> Patent reports
<input checked="" type="checkbox"/> Research articles	<input type="checkbox"/> Data articles	<input type="checkbox"/> Practice guidelines
<input type="checkbox"/> Encyclopedia	<input type="checkbox"/> Discussion	<input type="checkbox"/> Product reviews
<input type="checkbox"/> Book chapters	<input type="checkbox"/> Editorials	<input type="checkbox"/> Replication studies
<input type="checkbox"/> Conference abstracts	<input type="checkbox"/> Errata	<input checked="" type="checkbox"/> Short communications
<input type="checkbox"/> Book reviews	<input type="checkbox"/> Examinations	<input type="checkbox"/> Software publications

Figura 10: Búsqueda artículos para la base de datos Science Direct

Fuente. Autora

5.2.1 BÚSQUEDA INICIAL DE LITERATURA

Para lograr los objetivos propuestos se realizó una búsqueda inicial de la literatura, identificando palabras claves que fueron consideradas relevantes en los libros electrónicos **e-libro** y los recursos multidisciplinares *Scopus* y *Science Direct*, estableciendo las nuevas oportunidades de mejora y/o estrategias para el compostaje realizado actualmente en el Jardín Botánico José Celestino Mutis.

En un primer filtro realizado para la búsqueda en los libros electrónicos, en la plataforma virtual de la Universidad Antonio Nariño **e-libro** se utilizaron palabras claves relacionadas con el proceso del compostaje y sus parámetros de control: a) pH, b) temperatura, c) fases del compostaje, d) optimización compostaje, e) relación carbono-nitrógeno y f) el término “*compostaje*”. Por otro lado, la identificación de las palabras claves para las bases de datos académicas *Scopus* y *Science Direct* se centró en buscar las nuevas tendencias para el proceso del compostaje, seleccionando palabras como: a) *biodegradation*, b) *vermicomposting*, c) *bioaugmentation* d) *heavy metals*, e) *sludge composting*, f) *amendments biochar*, g) *composting trends* y h) *composting systems*.

5.2.2 GENERACIÓN DE ECUACIONES DE BÚSQUEDAS EFICIENTES

Una vez realizada la búsqueda inicial de la literatura se siguió un protocolo de búsqueda (anexo 3) para las bases de datos: para los libros electrónicos **e-libro** se enfocó en la descripción del proceso del compostaje y sus parámetros de control, mientras que para las bases de datos académicas *Scopus* y *Science Direct* el enfoque fue en las nuevas tendencias que manejan en el compostaje. Los resultados en los recursos multidisciplinarios arrojaron datos en los que se maneja el proceso del compostaje utilizando: a) estiércol de animales, b) lodos de depuradora, c) polímeros, d) aves de corral y e) compostaje porcino. En el seguimiento realizado para el protocolo de consulta establecida, con base a los resultados obtenidos en la búsqueda inicial de la literatura, se determinó que esos temas no son útiles para evidenciar las nuevas tendencias en el proceso del compostaje.

Siendo así, se replanteó la búsqueda inicial de la literatura con una ecuación de búsqueda eficiente para estas bases de datos, que permitió introducir hasta 10 palabras claves; estas ecuaciones emplearon operadores booleanos (Boniche, 2020), de la siguiente manera:

- El operador “**AND**” indica que estas palabras describen el tema a investigar y las cuales estarán en el resultado de la búsqueda.
- Con el operador “**OR**” se logran buscar hasta cinco (5) sinónimos de las palabras claves, indicando que alguno de los sinónimos ingresados estará presente en el resultado de la búsqueda,
- Para establecer palabras de exclusión se utilizó el operador “**NOT**”, indicando que estos términos no aparecerán en el resultado de la ecuación de búsqueda.

Se consideró que para la nueva ecuación de búsqueda, en las palabras de exclusión deberían estar los datos que no fueron útiles en la búsqueda inicial (ítem 5.2.1) de nuevas tendencias del compostaje en *Scopus* y *Science Direct*. Esta ecuación de búsqueda eficiente se obtuvo a partir de una capacitación virtual recibida el día 02 de abril de 2020; el objetivo de la capacitación se enfocó en la investigación más allá del contenido en las bases de datos, empleando una matriz de Excel (figura 11) para generar la ecuación de búsqueda eficiente, en la cual se realizó una variación en el modelo de búsqueda en las palabras claves, cambiando el término de búsqueda para los 12 ítems establecidos para *Scopus* (Tabla 2) y *Science Direct* (Tabla 3). Una vez obtenida la ecuación de búsqueda eficiente para ambas bases de datos, se seleccionó la ecuación general en la acción “copiar” y se realizó la acción “pegar” en la opción de búsqueda de estos recursos multidisciplinarios.

Introduce hasta diez palabras clave que describan tu tema de investigación.
 Recuerda que una palabra clave es uno o más términos que refieran inequívocamente a un concepto.
 Si tu palabra clave tiene más de dos términos, ponla entre comillas. Ej. "human rights".

REINICIAR

TÉRMINOS DE BÚSQUEDA	
1.	biodegradation
2.	composting
3.	
4.	
5.	
6.	
7.	
8.	
9.	
10.	

((biodegradation) AND NOT (manure OR poultry OR porcine OR sewage sludge OR polymers)) AND (composting)

Escribe hasta cinco sinónimos que correspondan a cada una de tus palabras clave.

biodegradati composting	
S1	
S2	
S3	
S4	
S5	

Escribe hasta cinco palabras que desees excluir. Por ejemplo, si tu palabra clave es "sustainable development"

A1	manure
A2	poultry
A3	porcine
A4	sewage sludge
A5	polymers

Figura 11: Modelo para la generación de ecuaciones de búsqueda eficiente para Scopus y Science Direct

Fuente. Karen Angulo & Carlos Rojas., capacitación virtual Elsevier (2020)

5.3 SELECCIÓN Y DEPURACIÓN DE LA INFORMACIÓN QUE NO TIENE AFINIDAD CON LA TEMATICA DE INVESTIGACIÓN

Una vez realizada la consulta de la literatura se procedió a organizar y a depurar la información, seleccionando los documentos en los libros electrónicos **e-libro** y que aplicaron para la redacción del marco conceptual del presente documento, enfatizando en el compostaje y los parámetros para su control, identificando las palabras claves que se detallan en los términos de búsqueda (Tabla 1) y los artículos de investigación para **Scopus** (Tabla 2) y **Science Direct** (Tabla 3), los cuales fueron utilizados tanto en la redacción del estado del arte como en proponer nuevas oportunidades de mejora y/o estrategias para el compostaje realizado actualmente en el Jardín Botánico José Celestino Mutis.

5.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA EN LAS BASES DE DATOS

En el desarrollo de este contexto, se destaca que el recurso electrónico **e-libro** permite la búsqueda e interacción en la estantería virtual de libros electrónicos, almacenando la información necesaria en los documentos seleccionados para su posterior revisión y análisis. Por otro lado, la base de datos **Scopus** permite generar búsquedas por diferentes campos dentro de un mismo tipo de documento (artículo de investigación), variando el campo de búsqueda

con diversas opciones para elegir; se seleccionaron para este recurso electrónico *abstract*, *keywords* y *article title*, especificado en la figura 9, así como 12 los términos empleados para cada campo de búsqueda, que se pueden observar en la Tabla 2.

Finalmente, la base de datos *Science Direct* permite generar búsquedas por diferentes tipos de documento, los cuales varían en artículos de investigación, reseñas de libros, informe de patentes, comunicaciones cortas, etc. En este recurso multidisciplinario, se estableció que en el título del artículo estuviera la palabra “*composting*”, detallado en la figura 10, filtrando por el tipo de “artículo de investigación”, “informe de patentes” y “comunicaciones cortas”, facilitando así depurar los resultados enfocados en nuevas tendencias en el proceso del compostaje y evidenciados en la Tabla 3.

5.4.1 ANÁLISIS GRÁFICO

La manera más adecuada para dar a conocer la información recolectada sobre el proceso del compostaje, sus parámetros de control y las nuevas tendencias, fue por medio de tabulación para la búsqueda de libros electrónicos; para las bases de datos se usaron gráficos para representar la categorización de los artículos con las nuevas tendencias en el rango de años 2014-2019, facilitando así su análisis e interpretación.

En la representación gráfica de las nuevas tendencias en el proceso del compostaje, se clasificaron los artículos de investigación que generaron más publicaciones según las categorías establecidas en: a) publicación por país/territorio, b) publicación por autor, c) años de publicación: 2014-2019 y d) campo de búsqueda: *abstract*, *keywords* o *article title*.

5.5. DETERMINACIÓN OPORTUNIDADES DE MEJORA EN EL PROCESO DEL COMPOSTAJE EN EL JARDIN BOTÁNICO JOSÉ CELESTINO MÚTIS

A partir de la encuesta realizada al personal del Jardín Botánico José Celestino Mutis se plantearon ciertas oportunidades de mejora para el proceso actual, revisando las nuevas tendencias encontradas en *Scopus* (Tabla 2) y *Science Direct* (Tabla 3).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 DIAGNÓSTICO INICIAL DEL COMPOSTAJE EN EL JARDIN BOTÁNICO JOSÉ CELESTINO MUTIS

Con la encuesta realizada al personal encargado (anexo 1 y 2), se determinaron las falencias que tiene dicho proceso en la entidad, destacando que los principales obstáculos que presenta el compostaje son: a) control de lluvia, b) manejo de lixiviados y c) tiempo que dura el proceso del compostaje, siendo aproximadamente 6-7 meses. Estos tres conceptos de búsqueda fueron tenidos en cuenta para realizar la búsqueda de los artículos en las Tablas 2 y 3.

6.2 RESULTADOS DE LA BUSQUEDA INICIAL RECURSOS ELECTRÓNICOS

Los resultados generados en la búsqueda inicial de la literatura, se explican a continuación.

6.2.1 BÚSQUEDA EN e-LIBRO

Para lograr la selección de los resultados observados en la Tabla 1 se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- a) Que el título tuviera las palabras: *compostaje, tratamiento de residuos, procesos biológicos* (en los que se incluye el compostaje), *estabilización aeróbica, tecnologías aplicables al tratamiento de residuos y guía para la descripción de suelos.*
- b) Que en los resultados estuvieran las palabras *residuos sólidos orgánicos o municipales.*
- c) Que estuvieran las palabras clave *compost, materia orgánica o residuo*; revisando con más detalle las características mencionadas en el índice del libro.

Para los siguientes términos de búsqueda evidenciados en la Tabla 1, se tuvieron en cuenta las coincidencias en los resultados de los libros arrojados en la búsqueda anterior, para así facilitar la interpretación en base al proceso del compostaje y sus parámetros de control; es importante resaltar que habían resultados repetidos en los 6 ítems puntualizados a continuación.

Tabla 1: Revisión literaria e-libro del proceso de compostaje y parámetros de control

ÍTEM	TÉRMINO DE BÚSQUEDA	RESULTADOS	APLICAN	COINCIDENCIAS
1	pH Compostaje	344	19	0
2	Temperatura y Compostaje	466	4	18
3	Relación C/N Compostaje	102	2	16
4	Optimización Compostaje	289	3	13
5	Compostaje	538	5	15
6	Fases en el Compostaje	429	5	10

Fuente: Autora

En el contexto de la revisión literaria en **e-libro**, se enfatiza que en este recurso electrónico se encuentra bastante información que no es relevante para la redacción del marco conceptual del presente documento, por lo que se descartaron los libros que no enfatizaban su contenido directamente en la explicación del proceso de compostaje; esta depuración de libros electrónicos para la plataforma **e-libro** se puede evidenciar en la Tabla 4 del ítem 6.4.1.

6.2.2 BUSQUEDA INICIAL EN SCOPUS Y SCIENCE DIRECT

Como se especificó en la metodología, se realizó una búsqueda inicial de la literatura sobre las nuevas tendencias de investigación para el proceso de compostaje, incluyendo términos como: a) *biodegradation*, b) *vermicomposting*, c) *bioaugmentation*, d) *heavy metals*, e) *sludge composting*, f) *amendments biochar*, g) *composting trends* y h) *drainage control*, considerados como los conceptos que pudieran identificar las nuevas estrategias relevantes de optimización para el compostaje en los últimos años, obteniendo como primer resultado 4.132 artículos científicos, a continuación se presentan la clasificación de los artículos en el Gráfico 1.

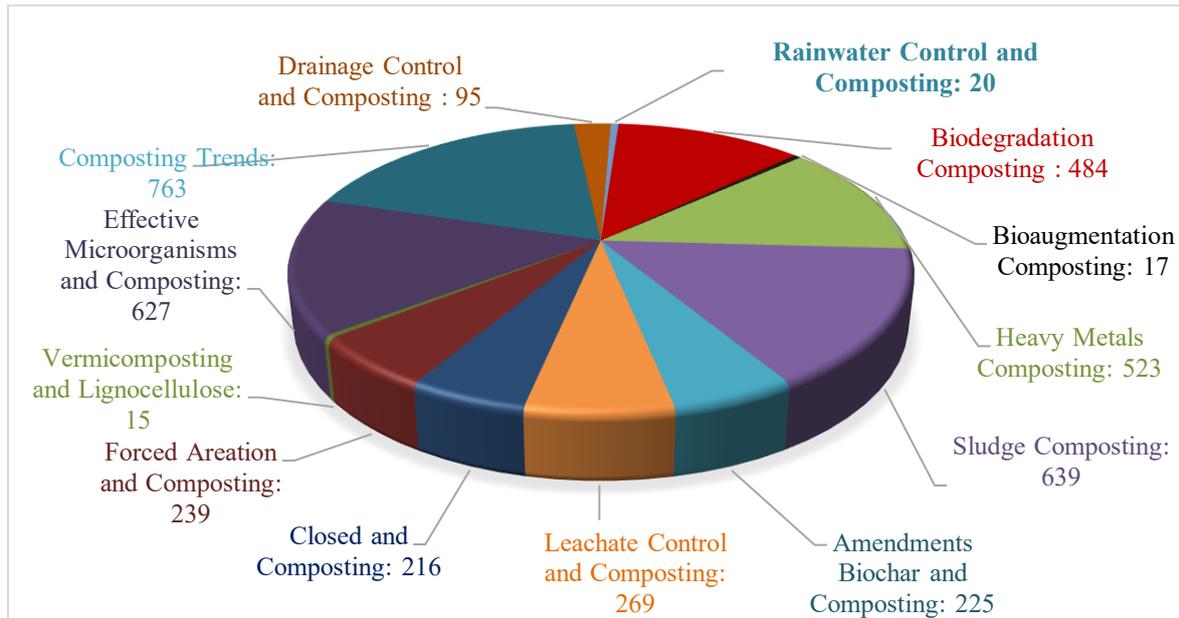


Gráfico 1: Resultados revisión inicial en nuevas tendencias de compostaje para Scopus y Science Direct

Fuente: Autora

El término de búsqueda “*Sludge composting*” fue uno de los ítems de exclusión para la nueva ecuación de búsqueda eficiente, por ser uno de los términos que generó mayor cantidad de resultados y el cual no aplicaba para la selección de oportunidades de mejora para el Jardín Botánico José Celestino Mutis, debido a que la entidad no maneja lodos de depuradora en el proceso del compostaje.

6.3 RESULTADOS DE LAS ECUACIONES DE BÚSQUEDA EFICIENTES

El modelo utilizado para la nueva ecuación de búsqueda eficiente, se obtuvo a partir de la descripción establecida en la metodología del documento. Este modelo (figura 12) fue el mismo para los 12 ítems establecidos en las Tablas 2 y 3, así como los términos de exclusión utilizando el operador “**NOT**”, los cuales fueron: a) estiércol (*manure*), b) lodos de depuradora (*sewage sludge*), c) polímeros (*polymers*), d) aves de corral (*poultry*) y e) porcino (*porcine*). En esta nueva ecuación de búsqueda eficiente, únicamente variaron las palabras claves que se utilizan en el operador “**AND**”.

TÉRMINOS DE BÚSQUEDA

((heavy metals) AND NOT (manure OR poultry OR porcine OR sewage sludge OR polymers)) AND (composting)

Figura 12: Términos de búsqueda según el modelo para la generación de ecuaciones eficientes

Fuente. Karen Angulo & Carlos Rojas; capacitación virtual Elsevier (2020)

6.3.1 BÚSQUEDA EFICIENTE EN SCOPUS Y SCIENCE DIRECT

En la búsqueda inicial de la revisión literaria para las nuevas tendencias del compostaje, se obtuvieron 4.132 artículos de investigación para *Scopus* y *Science Direct* (ver Gráfico 1); con la nueva ecuación de búsqueda eficiente se redujeron drásticamente los resultados obtenidos de la búsqueda inicial, siendo 920 el número de artículos encontrados en esta nueva búsqueda para los 12 ítems seleccionados en *Scopus*, los cuales se muestran en la Tabla 2. Las coincidencias fueron determinadas con base a los resultados que aplicaban en los términos de búsqueda establecidos, en los cuales se repetía el artículo ya sea en *abstract*, *keywords* o *article title*.

Tabla 2: Revisión artículos de investigación en nuevas tendencias del proceso de compostaje en Scopus

ITEM	TÉRMINO DE BÚSQUEDA	CAMPO DE BÚSQUEDA	TOTAL DE ARTÍCULOS	SELECCION PARA REVISIÓN Y ANÁLISIS	COINCIDENCIAS
1	Biodegradation Composting	Abstract	38	8	0
		Keywords	84	6	3
		Article Title	9	2	3
2	Bioaugmentation Composting	Abstract	2	0	0
		Keywords	1	0	0
		Article Title	0	0	0
3	Heavy Metals and Composting	Abstract	44	9	1
		Keywords	40	2	4
		Article Title	10	1	2
4	Amendments Biochar and Composting	Abstract	8	2	0
		Keywords	4	0	0
		Article Title	0	0	0
5		Abstract	2	2	0
		Keywords	1	0	0

	Leachate Control and Composting	Article Title	0	0	0
6	Closed and Composting	Abstract	10	3	0
		Keywords	3	0	0
		Article Title	2	0	0
7	Forced Aeration and Composting	Abstract	0	0	0
		Keywords	0	0	0
		Article Title	0	0	0
8	Vermicomposting and Lignocellulose	Abstract	0	0	0
		Keywords	0	0	0
		Article Title	0	0	0
9	Effective Microorganisms and Composting	Abstract	13	2	0
		Keywords	4	0	0
		Article Title	0	0	0
10	Composting Trends	Abstract	13	3	0
		Keywords	3	1	0
		Article Title	2	0	1
11	Drainage Control and Composting	Abstract	0	0	0
		Keywords	0	0	0
		Article Title	0	0	0
12	Rainwater Control and Composting	Abstract	0	0	0
		Keywords	0	0	0
		Article Title	0	0	0

Fuente: Autora

En la Tabla 2, se puede observar que los términos que no arrojaron resultados fueron: a) *forced aeration and composting*, b) *vermicomposting and lignocellulose*, c) *drainage control and composting* y d) *rainwater control and composting*, por lo que se destaca que estos términos de búsqueda en el rango de años 2014-2019, generaron publicaciones en documentos como: revisión de conferencia, capítulos de libros, documentos de sesión, o artículos que no enfocaban la información en acceso abierto, siendo estas publicaciones diferentes al criterio de búsqueda establecido para *Scopus* en nuevas tendencias en el proceso de compostaje, en tipo de documento artículo de investigación y la información del documento en acceso abierto (ítem 5.2).

La revisión de artículos científicos en los 12 ítems establecidos para la base de datos académica Science Direct, se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3: Revisión artículos de investigación en nuevas tendencias del proceso compostaje en Science Direct

ITEM	TÉRMINO DE BÚSQUEDA	TIPO DE DOCUMENTO	TOTAL DE ARTÍCULOS	SELECCIÓN PARA REVISIÓN Y ANÁLISIS	COINCIDENCIAS
1	Biodegradat ion Composting	Research articles	92	31	0
		Patent reports	0	0	0
		Short communications	2	0	0
2	Bioaugmen tation Composting	Research articles	2	0	0
		Patent reports	0	0	0
		Short communications	1	0	0
3	Heavy Metals and Composting	Research articles	70	11	7
		Patent reports	0	0	0
		Short communications	0	0	0
4	Amendmen ts Biochar and Composting	Research articles	30	1	0
		Patent reports	0	0	0
		Short communications	0	0	0
5	Leachate Control and Composting	Research articles	61	4	6
		Patent reports	0	0	0
		Short communications	1	0	0
6	Closed and Composting	Research articles	36	9	11
		Patent reports	0	0	0
		Short communications	0	0	0
7	Forced Aeration and Composting	Research articles	33	9	10
		Patent reports	0	0	0
		Short communications	1	0	0
8	Vermicom posting and Lignocellul ose	Research articles	10	2	3
		Patent reports	0	0	0
		Short communications	1	0	0
9	Effective Microorgani sms and Composting	Research articles	105	10	8
		Patent reports	0	0	0
		Short communications	4	0	0
10		Research articles	142	10	9
		Patent reports	0	0	0

	Composting Trends	Short communications	4	0	0
11	Drainage Control and Composting	Research articles	26	14	4
		Patent reports	0	0	0
		Short communications	0	0	0
12	Rainwater Control and Composting	Research articles	6	0	2
		Patent reports	0	0	0
		Short communications	0	0	0

Fuente: Autora

6.4 DEPURACIÓN DE LA INFORMACIÓN QUE NO TIENE AFINIDAD CON LA INVESTIGACIÓN.

La depuración de la información recolectada en **e-libro**, *Science Direct* y *Scopus* se describe a continuación para cada recurso electrónico.

6.4.1 DEPURACIÓN EN LA PLATAFORMA e-LIBRO

Los criterios de depuración general para los resultados de libros electrónicos en la plataforma virtual **e-libro**, enfocados en la revisión literaria del proceso de compostaje, se describen en la Tabla 4; en su totalidad fueron 2.168 libros que no aplicaron (de un total de 2.130 libros) para la redacción del marco conceptual del presente documento, debido a que el contenido del libro no hacía énfasis en la explicación del proceso del compostaje y sus parámetros de control.

Tabla 4: Criterios de depuración en la revisión literaria e-libro del proceso del compostaje y parámetros de control

TÉRMINO DE BÚSQUEDA	TEMÁTICAS DE LOS LIBROS ELIMINADOS
pH Compostaje	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Alternativas para el control de la erosión. ✓ Aprovechamiento biotecnológico de productos agropecuarios. ✓ Avances en materiales poliméricos. ✓ Biofertilizantes microbianos. ✓ Biorremediación y tratamiento de efluentes. ✓ Cultivo de hongos (setas) y frutas. ✓ Diseño de industrias agroalimentarias. ✓ Energías renovables. ✓ Higiene industrial. ✓ Labores culturales y recolección de cultivos ecológicos.
Temperatura y Compostaje	
Relación C/N Compostaje	

Optimización Compostaje	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Manejo y procesamiento de gallinaza, incluyendo excretas de animales. ✓ Modelo energético. ✓ Obtención enzimática de compuestos bioactivos. ✓ Producción sostenible de champiñón. ✓ Plantación de Frutales. ✓ Principios de ecotoxicología. ✓ Principales aspectos de la economía energética. ✓ Pirolisis. ✓ Recuperación de espacios y cultivos abandonados. ✓ Residuos mineros. ✓ Situación de los envases de plástico. ✓ Tratamiento térmico de gases. ✓ Tecnología de mataderos.
Compostaje	
Fases en el Compostaje	

Fuente: Autora

6.4.2 DEPURACIÓN EN LA BASE DE DATOS SCOPUS

La depuración en la revisión de artículos científicos de investigación en nuevas tendencias del proceso de compostaje para *Scopus*, se resumen de forma generalizada en la Tabla 5; se identificó en el *abstract* del artículo conceptos que no aplicaban para las oportunidades de mejora al proceso que actualmente maneja el Jardín Botánico José Celestino Mutis. Para los diferentes términos de búsqueda los resultados de los artículos se repetían para los 12 ítems seleccionados; se logró también esta depuración con la nueva ecuación de búsqueda eficiente, en donde en el listado de depuración existen más de 250 artículos que contienen información que no es relevante para ser especificada como nueva estrategia que optimice el proceso del compostaje, a causa de que implementan residuos diferentes a los utilizados actualmente en la entidad, o ya sea en el análisis de la generación de compostaje en instalaciones de tratamiento de aguas residuales o pozos de evaporación.

Tabla 5: Criterios de depuración en la revisión de nuevas tendencias del proceso de compostaje en Scopus

CAMPO DE BÚSQUEDA	TEMÁTICAS DE ARTÍCULOS ELIMINADOS
Abstract	Artículos que en los títulos incluyeran en el proceso del compostaje: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Cepas de hidrocarburos ✓ Compuestos de nanoarcillas ✓ Desechos de bodegas y destilerías. ✓ Especiación de cobre ✓ Fitorremediación de la biomasa ✓ Microorganismos eficientes en pozos de evaporación ✓ Materiales bioplásticos ✓ Patógenos en agua residual
Keywords	

Article Title	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Productos veterinarios ✓ Residuos oleaginosos ✓ Residuos agroalimentarios ✓ Residuos industriales en pozos de evaporación
---------------	--

Fuente: Autora

6.4.3 DEPURACIÓN EN LA BASE DE DATOS SCIENCE DIRECT

En la búsqueda de nuevas estrategias de compostaje en *Science Direct*, la depuración se hizo revisando que el término ingresado en la ecuación de búsqueda eficiente estuviera en el tipo de documento *research articles* o *short communications*, en los 12 ítems ya establecidos para este recurso multidisciplinario, los criterios de depuración se pueden observar en la Tabla 6. Se enfatiza que estos artículos no se pueden implementar en las oportunidades de mejora al compostaje del Jardín Botánico, porque el proceso de compostaje que utiliza el artículo de investigación es totalmente diferente al que realiza la entidad, la cual utiliza residuos de poda, ramas, césped y material vegetal.

Tabla 6: Criterios de depuración en la revisión de nuevas tendencias del proceso compostaje en Science Direct

TÉRMINO DE BÚSQUEDA	TEMÁTICAS DE ARTÍCULOS ELIMINADOS
Research Articles	Manejo del proceso del compostaje utilizando: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Aguas residuales ✓ Antibióticos veterinarios aplicados en la tierra ✓ Bioplásticos ✓ Campo de golf ✓ Cerámica reciclable como agente de carga ✓ Compuestos orgánicos volátiles como (benceno, etilbenceno, tolueno, y xileno)
Short Communications	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cultivos energéticos ✓ Extracción del aceite de oliva ✓ Fibras de lino ✓ Fungicidas ✓ Herbicidas ✓ Petróleo crudo ✓ Sedimentos contaminados con nanoarcilla ✓ Sedimentos fluviales ✓ Tratamiento de aguas negras ✓ Tratamiento a base de aguas residuales ✓ Tratamiento del tabaco generado en el cigarrillo ✓ Tratamiento de suelos contaminados

Fuente: Autora

Cabe destacar que en *research article* y en *short communications* algunos resultados se repetían en las búsquedas realizadas, presentando el mismo título en los 12 términos de búsqueda empleados. Esta depuración de los criterios (Tabla 6) se logró realizando la nueva ecuación eficiente, y detallando que en la colección de revistas publicadas en *Science Direct*, existían 627 artículos que contenían información innecesaria para destacar en la redacción del estado del arte, de los cuales 101 artículos fueron los seleccionados para determinar las nuevas estrategias para mejorar el compostaje que se establecieron en ítem 6.6 del presente documento.

6.5 ANALISIS DE LA INFORMACIÓN DE LA BÚSQUEDA EFICIENTE

Se debe especificar la diferencia que tienen los recursos electrónicos empleados, siendo *Scopus* un servicio de búsqueda virtual que hace parte únicamente de Elsevier, la mayor editorial de literatura investigativa y científica en el mundo, que permite analizar los resultados obtenidos en la búsqueda de documentos por: a) autor, b) afiliación, c) año de publicación, d) país/territorio, e) tipo artículo, f) área temática, y g) patrocinador financiero. De modo similar *Science Direct*, es una recopilación virtual que brinda al lector indagar entre los diferentes tipos de artículos como: a) resúmenes de artículos, b) capítulos de libros, c) patentes, d) noticias, e) noticias, f) información de conferencias y g) artículos de investigación en publicaciones en revistas académicas, entre otros.

6.5.1 BASE DE DATOS SCOPUS

A continuación se detallan los términos de búsqueda con mayores resultados en la revisión de artículos según la Tabla 2, los cuales fueron *biodegradation composting*: 131 resultados y *heavy metals composting*: 94 resultados. Como se puede contemplar en el Gráfico 2, estos resultados en el documento tipo artículo están representados en la línea de tendencia para el rango de publicaciones realizadas en los años 2014-2019. Se realizó el análisis de los dos términos con mayores resultados en las nuevas tendencias para el proceso del compostaje de forma manual, para así hacer la comparación de la línea de tendencia del número de artículos publicados para cada término.

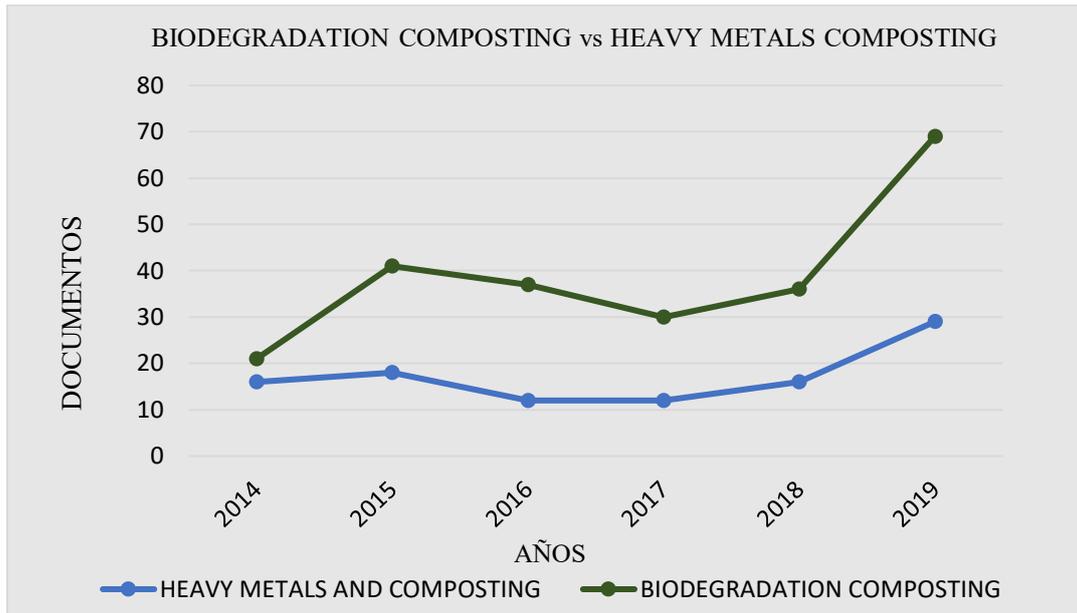


Gráfico 2: Términos con mayores resultados en nuevas tendencias del compostaje en Scopus

Fuente: Autora

El término de búsqueda “*biodegradation composting*” generó una mayor tendencia en las publicaciones de artículos científicos realizados entre 2014-2019, en los últimos años este proceso generó más interés de investigación por el desafío que enfrenta la humanidad hacia una economía circular, pues aborda la optimización de los residuos sólidos generados por las actividades del día a día, que pueden ser reutilizados mediante el compostaje y en la circulación de los mismos, promoviendo así su máxima utilidad en el reciclaje de residuos sólidos, y la conservación del medio ambiente. En cuanto a las investigaciones relacionadas con “*heavy metals composting*”, representan una línea de tendencia menor en las publicaciones de artículos realizadas en los años 2014-2019 por los autores, se puede relacionar a que, en la maduración como condición químico-orgánica del compostaje, la presencia o ausencia de metales pesados es un parámetro clave que pueda estar presente en el suelo, limitando así el uso del compost, está sometido en gran medida de la calidad del residuo que se utilice en el compostaje, algunos de los residuos sólidos urbanos que contienen material con estos metales son: pilas, equipos electrónicos, medicamentos, termómetros, lámparas fluorescentes, utensilios de cocina, etc; siendo posible que por la incidencia que tienen estos residuos en el compostaje, no se encuentre mayor información en la literatura respecto al tema por el grado de peligrosidad, la toxicidad, y la persistencia de los mismos.

Por otro lado, los términos de búsqueda con menores resultados en la revisión de artículos para *Scopus*, fueron filtrados por año de publicación y resumidos en el Gráfico 3.

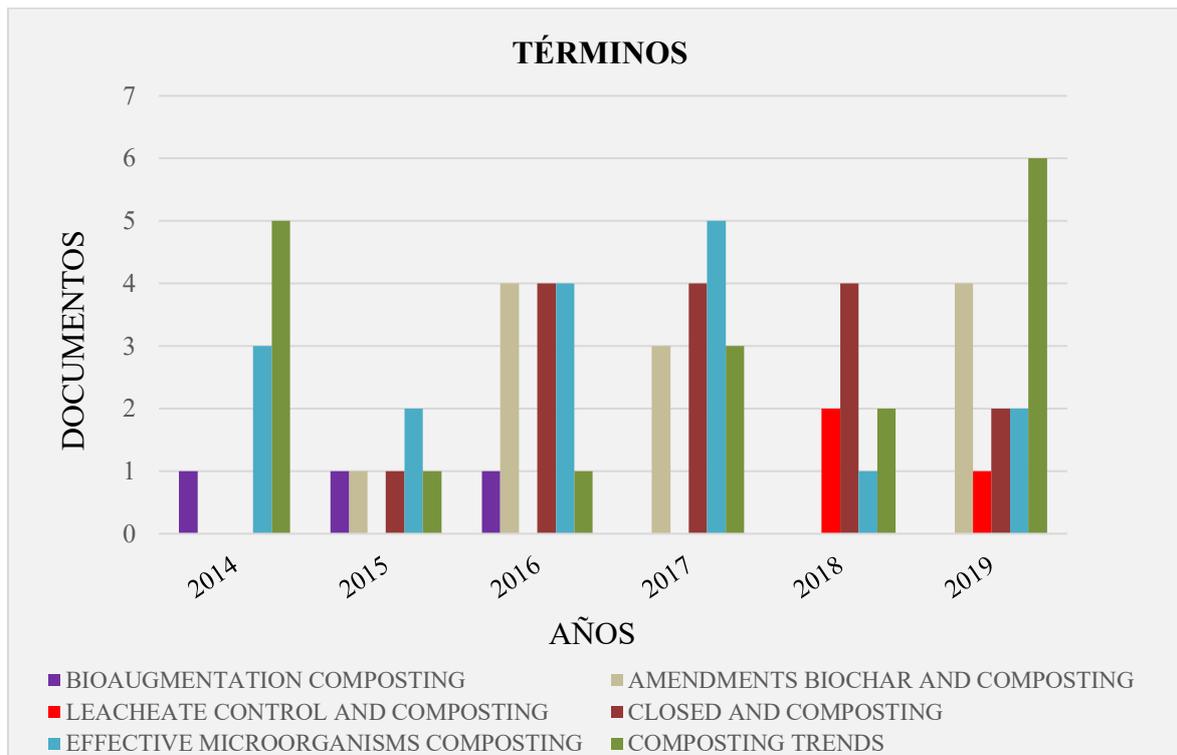


Gráfico 3: Menores resultados en la revisión de nuevas tendencias del compostaje en Scopus

Fuente: Autora

En el gráfico 3 se puede observar que los términos de búsqueda con mayor tendencia en la publicación de artículos en el rango de años 2014-2019 fueron: a) *effective microorganisms composting* y b) *composting trends*; por lo tanto se interpreta que sobresale la investigación del compostaje en los últimos años, con enfoque en una nueva tendencia como la aplicación de microorganismos eficientes, los cuales aceleran el proceso del compostaje y le aportan un efecto positivo y significativo sobre la fertilidad del suelo. Por último, el término de búsqueda que generó menores publicaciones fue *bioaugmentation composting*, por lo que se deduce que algunos microorganismos tienen la capacidad de biodegradar el compostaje, dichos microorganismos por medio de la bioaumentación pueden incrementar y mejorar la capacidad de degradación de la población microbiana natural.

En el Gráfico 4 se clasificaron las publicaciones por autor para documentos tipo artículo publicados en este recurso multidisciplinario y las publicaciones de artículos científicos, realizados por país/ territorio se pueden ver en el Gráfico 5.

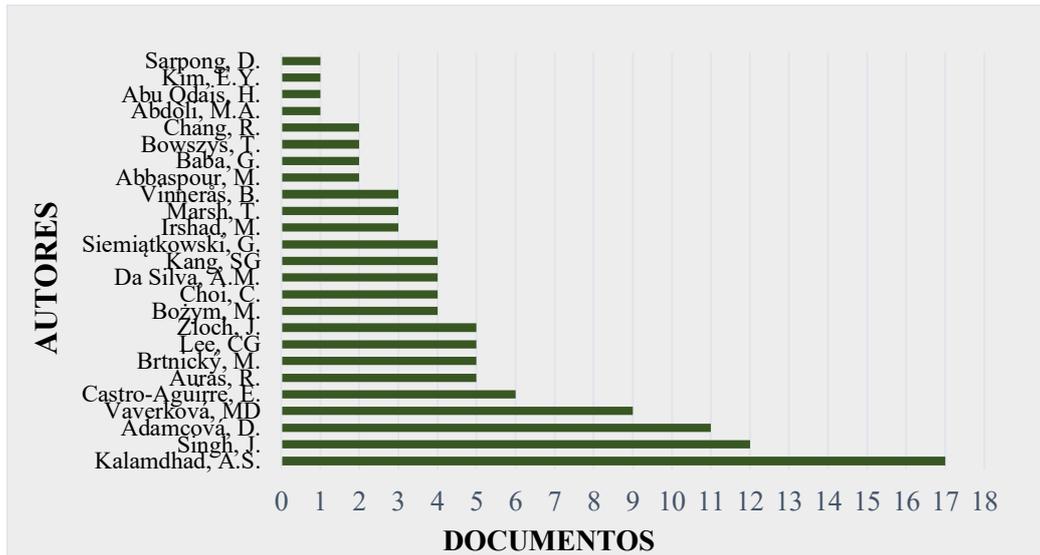


Gráfico 4: Publicación de artículos científicos por autor en Scopus

Fuente: Autora

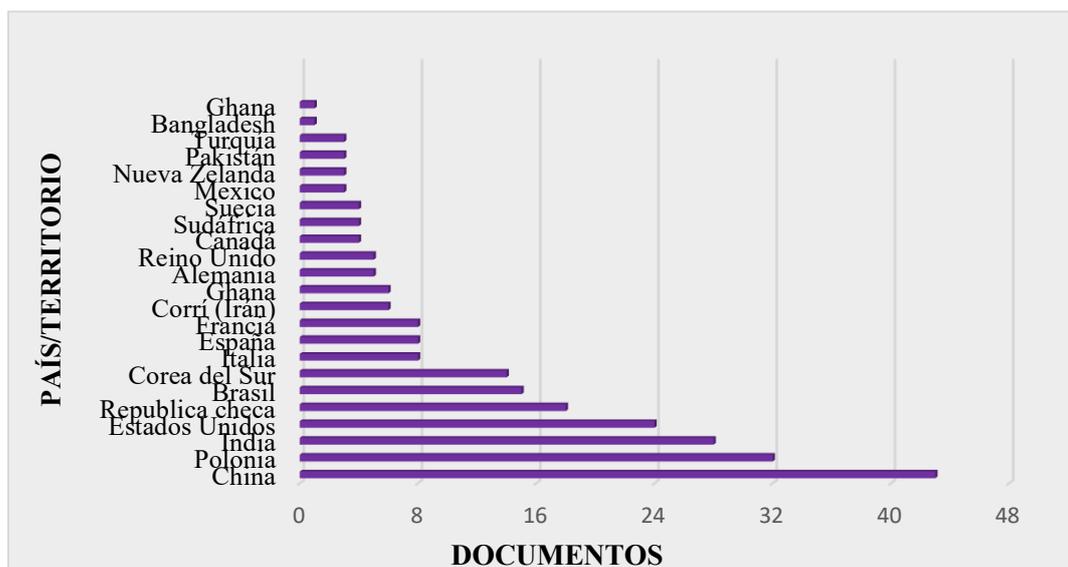


Gráfico 5: Publicación de artículos científicos por países/territorios en Scopus

Fuente: Autora

Con base en el Gráfico 4 se puede establecer que los autores *Kalamdhad, A.S.*, y *Singh, J.*, del Instituto Indio de Tecnología Guwahati, representaron el mayor número de publicaciones de co-autoría en India, con un total de 29 artículos de investigación; le siguen en mayor número de publicaciones de artículos científicos de co-autoría en República Checa, los autores *Adamcová, D.*, *Vaverková, MD.*, y *Brtnický, M.*, de la Universidad Mendel en Brno, con un total de 25 artículos científicos publicados; finalmente, los autores *Castro-Aguirre, E.*, y *Auras, R.*, de la Universidad Estatal de Michigan - Estados Unidos, en su co-autoría

publicaron en total 11 artículos científicos. La co-autoría es de gran importancia a la investigación puesto que le aporta a un artículo desde diferentes puntos de vista científicos y robustece los resultados obtenidos.

En la misma línea de análisis a partir del Gráfico 5 se puede indicar que los autores *Abbaspour, M., Chang, R. Li, M., Song, C. y Wang, H.*, generaron mayor número publicaciones en China, con 43 artículos en total; los autores *Adamcová, D. Moraczewski, K., y Malinowski, R.*, representan el mayor número publicaciones en Polonia, con 32 artículos en total; los autores *Kalamdhad, A.S., Singh, J., Sharma, A., Ganguly, R.*, generaron mayor número publicaciones en India, con un total de 28 artículos; finalmente los autores *Castro-Aguirre, E., Jiang, C.-L., Jin, W.-Z., y Tao, X.-H.*, representan el mayor número publicaciones en Estados Unidos, con un total de 24 artículos científicos. Esto refleja que en estos países hay mayor interés en dar a conocer nuevos procedimientos a realizar en el compostaje, debido a que son los mayores generadores de residuos sólidos a nivel mundial, esto unido a la gran densidad demográfica poblacional que habita en estos países.

6.5.2 ANÁLISIS DE LA BASE DE DATOS SCIENCE DIRECT

En la Tabla 3 se puede evidenciar que 14 fueron los documentos publicados como *short communications*, siendo este el menor número de resultados para las revistas académicas publicadas en *Science Direct*; como este tipo de documento son comunicaciones breves, enfocadas en la investigación inicial de un tema particular y presentando resultados preliminares, por lo que los autores que prefieren tener un mayor impacto al publicar su investigación completa en el artículo científico; por otro lado el documento con mayor número de resultados fue *research articles* con 613 artículos, siendo este tipo de documento una investigación científica, cuya finalidad es dar a conocer a la comunidad científica nuevos procedimientos de investigación en un área determinada de la ciencia y los resultados del estudio realizado de una manera clara y concisa; estos artículos reciben la aprobación en una revista revisada por pares, para garantizar la calidad de la investigación. Para finalizar se puede detallar que el tipo de documento *patent reports* no generó ningún resultado en los términos de búsqueda ingresados en *Science Direct*, lo que indicaría que la información y la investigación en el proceso del compostaje ya se encuentra establecida, y por lo tanto no ofrece nuevas invenciones que expliquen de manera diferente la evolución del proceso del compostaje.

Se realizó un filtro en la búsqueda para los títulos de revistas académicas publicadas en *Science Direct* utilizando la ecuación de búsqueda eficiente, para determinar las nuevas tendencias y/o estrategias del proceso del compostaje. En el Gráfico 6 se observan los nombres de las revistas que generaron publicaciones de artículos de investigación en los años 2014-2019.

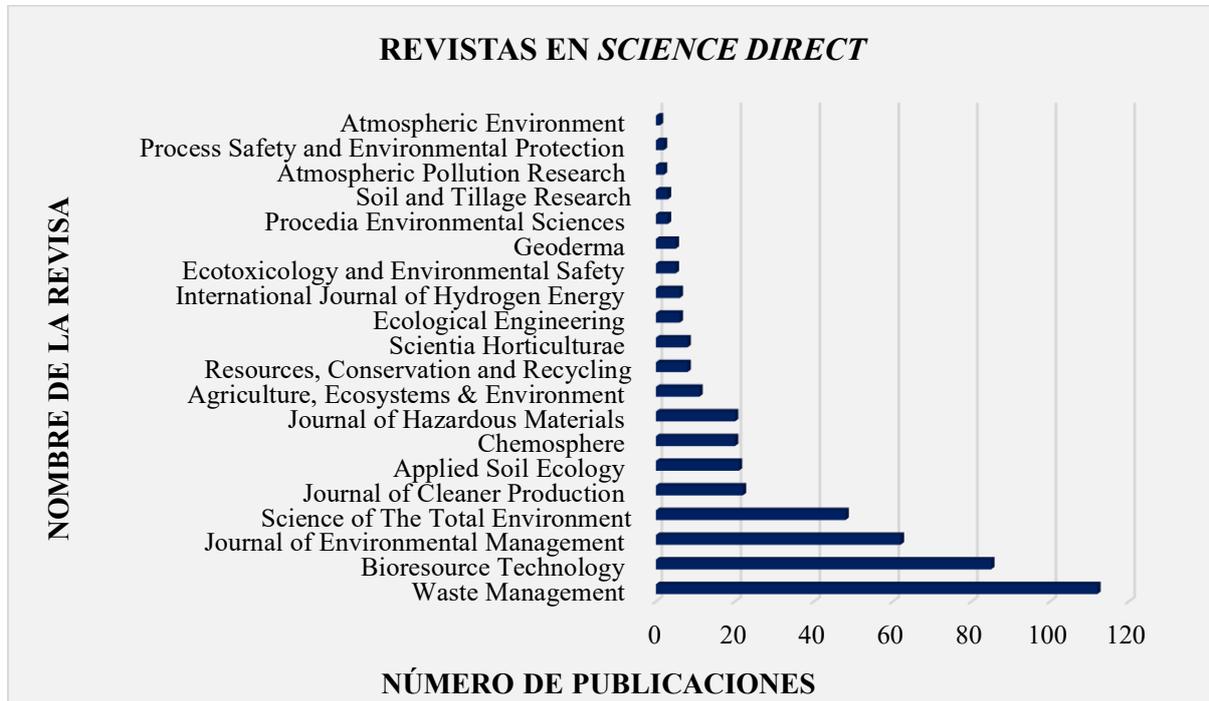


Gráfico 6: Publicaciones de Revistas académicas en Science Direct

Fuente: Autora

En la interpretación del Gráfico 6, se contempla que la revista de mayor impacto académico que generó mayor número de publicaciones fue “*Waste Management*”, con más de 100 artículos de investigaciones novedosas enfocadas en nuevos tratamientos de residuos sólidos en el compostaje; le sigue en publicaciones de revistas de mayor impacto académico, para los años 2014-2019 “*Bioresource Technology*”. De acuerdo al portal *Scimago* (<https://www.scimagojr.com/index.php>), se observa que la revista *Waste Management* se encuentra en un cuartil Q1, lo que indica la relevancia de las publicaciones hechas en esa revista en la información que presenta acerca de la generación, la prevención, el tratamiento, el manejo, la reutilización y la disposición final de residuos sólidos tanto en naciones industrializadas, como en países evolucionados; de igual manera la revista académica *Bioresource Technology*, se encuentra en un cuartil Q1, indicando que esta revista tiene gran relevancia en sus publicaciones debido a que su investigación avanza en áreas enfocadas en la protección ambiental como biomasa, bioenergía y tratamiento de residuos biológicos; esto

demuestra que la temática del compostaje continúa siendo relevante y su investigación de alto impacto.

6.6 DETERMINACIÓN OPORTUNIDADES DE MEJORA EN EL JARDIN BOTÁNICO JOSÉ CELESTINO MÚTIS

Se determinaron las oportunidades de mejora con base a los principales obstáculos que presenta el compostaje en la entidad. Estas oportunidades se puntualizaron mediante la selección y filtración de documentos, con base a la información encontrada en los términos de búsqueda para *Scopus* (Tabla 2) y *Science Direct* (Tabla 3) y con la nueva ecuación de búsqueda eficiente, revisando con más detalle el contenido del *abstract* en el artículo, y clasificando los artículos que enfocaban su investigación en los criterios de oportunidad de mejora para el Jardín Botánico José Celestino Mutis. En la Tabla 7 se puede observar los términos de búsqueda a través de los cuales se seleccionaron los artículos que enfocaron su investigación según el criterio para la oportunidad de mejora.

Tabla 7: Oportunidades de mejora en el proceso compostaje para el Jardín Botánico José Celestino Mutis

CRITERIO OPORTUNIDAD DE MEJORA	TÉRMINO DE BÚSQUEDA EN AMBAS BASES DE DATOS	ARTICULOS RELACIONADOS CON EL CRITERIO	ARTÍCULOS SELECCIONADOS
Control de lluvia	Composting Trends	24	1
	Drainage Control and Composting	17	1
Control de Lixiviados	Heavy Metals Composting	23	2
	Drainage Control and Composting	17	3
Reducción Tiempo	Composting Trends	24	2
	Biodegradation Composting	47	2
	Closed and Composting	12	1

Fuente: Autora

En la Tabla 8 se pueden ver los artículos seleccionados para establecer las oportunidades de mejora en la entidad, especificando para cada oportunidad el título del

artículo y las palabras claves destacadas en el documento. Para cada criterio de oportunidad de mejora se describen con más detalle los artículos ya mencionados.

Tabla 8: Selección artículos oportunidades de mejora en el proceso compostaje para el Jardín Botánico José Celestino Mutis

OPORTUNIDAD DE MEJORA	TÍTULO ARTÍCULO	PALABRAS CLAVE
Control de lluvia	➤ Review and Research Needs of Bioretention Used for the Treatment of Urban Stormwater	<i>Bioretention; urban stormwater; low impact development; field study; mesocosm simulation; computational modeling.</i>
	➤ Improving management of windrow composting systems by modeling runoff water quality dynamics using recurrent neural network	<i>Sensitivity analysis; recurrent neural network; dynamic modeling; water quality; runoff; windrow composting pad.</i>
Control de Lixiviados	➤ Viability of the Use of Leachates from a Mechanical Biological Municipal Solid Waste Treatment Plant as Fertilizers	<i>Leachate; fertilizers; waste valorization; treatment plant; nutrients; organic carbon; heavy metals.</i>
	➤ Phytoremediation of Heavy Metal-Contaminated Soil by Switchgrass: A Comparative Study Utilizing Different Composts and Coir Fiber on Pollution Remediation, Plant Productivity, and Nutrient Leaching	<i>Phytoremediation; heavy metals; bioremediation; switchgrass; thermophilic compost; vermicompost; coir.</i>
	➤ Compost leachate treatment by a pilot-scale subsurface horizontal flow constructed wetland	<i>Compost leachate; Horizontal flow constructed wetland; vetiver.</i>
	➤ Soil leaching as affected by the amendment with biochar and compost	<i>Leachate; soil percolation; nutrient leaching; lysimeter; DOC (dissolved organic carbon); TDN (total dissolved nitrogen).</i>
	➤ Influence of bulking agents on physical, chemical, and microbiological properties during the two-stage composting of green waste	<i>Compost; composted green waste; green waste; two-stage composting; wood chips.</i>
Reducción Tiempo	➤ Insights into rapid composting of paddy straw augmented with efficient microorganism consortium	<i>Bioconversion; crop residue; EM (efficient microorganism); recycling; degradation; poultry droppings; maturity; stability.</i>
	➤ Composting of biowaste: Research trends and relevance in developing countries	<i>Resource recovery; biowastes; composting; product quality; modeling.</i>

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Optimizing the process of food waste compost and valorizing its applications: A case study of Saudi Arabia 	<p><i>Municipal solid waste; food Waste; compost; organic fertilizer; composting techniques.</i></p>
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Evaluation of maifanite and silage as amendments for green waste composting 	<p><i>Compost product; green waste; maifanite; silage; two-stage composting.</i></p>
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Addition of seaweed and bentonite accelerates the two-stage composting of green Waste 	<p><i>Bentonite; compost product; green waste; seaweed; two-stage composting.</i></p>

Fuente: Aurora

6.6.1 CONTROL DE LLUVIA

En la búsqueda de nuevas tendencias del compostaje se encontró que el sistema de biorretención, la cual es una técnica que recibe, controla las aguas de lluvia provenientes de la superficie y también evita el vertimiento de las mismas. Se plantea que el Jardín Botánico José Celestino Mutis implemente este sistema debido a que el compostaje en la entidad es a cielo abierto, por lo que el agua lluvia fue una de las falencias allí resaltadas. La biorretención es un sistema de drenaje en forma de depresión, rellena de material filtrante y abastecido de cobertura vegetal, que opera por la infiltración del agua de escorrentía urbana. Una vez pasa a través de la cobertura vegetal y el medio filtrante, suceden distintos mecanismos físicos, químicos y biológicos que remueven los contaminantes de forma tradicional. Estos sistemas están contruidos de una capa de grava en la base del drenaje, una capa intermedia de arena gruesa, seguida de una capa de arena fina y para finalizar la capa de cobertura vegetal. Por lo tanto, los sistemas de biorretención son la mejor práctica de gestión de aguas pluviales más utilizadas actualmente, ya que eliminan los contaminantes que provienen de las plantas y los suelos biológicamente activos, esto se logra por la filtración de estas aguas pluviales, así lo indicaron **Liu y colaboradores (2014)**, en su investigación de las nuevas tendencias para mejorar el control de aguas lluvia.

Otra posibilidad encontrada en los artículos es implementar una red que consiste en un modelo computacional, que permite hacerle seguimiento por medio las redes neuronales artificiales, a la estructura y el funcionamiento biológico del compostaje, es una tecnología que permite la identificación de los parámetros elementales para determinar los componentes que hacen parte de la calidad del agua (DBO, DQO, Sólidos disueltos totales), esta red la implementaron **Bhattacharjee & Tollner (2016)**, recogiendo la escorrentía que provenía del

compostaje de hileras y evitando la descarga de contaminantes orgánicos, incluyendo el modelo de aguas lluvia. Determinaron que los sistemas de compostaje por hileras y ubicados en áreas remotas presentan inconvenientes en la escorrentía, en donde el principal inconveniente es la calidad del agua del efluente. Por lo que sugieren construir un estanque profundo de recolección de captación máxima de 3.175 mm/ día, con un revestimiento de arcilla instalado, que prevenga la descarga de los contaminantes, y genere una mejor recolección de agua lluvia. Como consejo práctico recomiendan rociar el agua que recoge el estanque en el compostaje, evitando así la descarga en el efluente. Por las razones descritas se plantea implementación de la red computacional como una oportunidad de mejora para la entidad por el compostaje que realizan allí es a cielo abierto y en hileras.

6.6.2 CONTROL DE LIXIVIADOS

Una de los principales falencias que presenta actualmente el Jardín Botánico José Celestino Mutis, es el control de lixiviados que se generan en el compostaje; por lo que **Cardoso y colaboradores (2019)**, propusieron reutilizar los lixiviados como fertilizantes órgano-minerales, que son recolectados en un tanque de almacenamiento; luego realizan el tratamiento de concentración de la muestra, utilizando el sistema de destilación simple, el cuál evapora la muestra, la condensa y la recoge en un matraz, y resaltan que el contenido de esta muestra le aporta nutrientes a las plantas. Esta reutilización de lixiviados permitiría la minimización en la cantidad de lixiviados, por lo que se considera la reutilización de los lixiviados en fertilizantes órgano-minerales, como una oportunidad factible de mejora que el Jardín Botánico José Celestino Mutis pueda implementar, ya que promueve el uso de residuos líquidos en un alto contenido de carbono orgánico, en aplicaciones agrícolas y generar así un material de gran valor promoviendo aún más el reciclaje de residuos sólidos.

La utilización de enmiendas orgánicas, las cuales en la etapa termofílica desarrollan una mayor actividad microbiana y evitan la aparición de organismos patógenos, es otra oportunidad de mejora establecida para el Jardín Botánico José Celestino Mutis, estas enmiendas las establecieron **Shrestha y colaboradores (2019)**, quienes utilizaron el vermicompost como adición orgánica mezclado con la fibra de coco; el vermicompost como enmienda por medio de las lombrices de tierra y su microbiota intestinal descomponen los desechos orgánicos, y la fibra de coco representa un alto contenido de C/N, manteniendo el equilibrio apropiado entre la capacidad de aireación y la inmovilización de agua; las enmiendas

utilizadas en la materia orgánica como enmienda natural, logran un beneficio en el suelo y en las plantas, favoreciendo su crecimiento y desarrollo, además en la capacidad que tienen las enmiendas orgánicas al aportarle un biocontrol al suelo, aumentan el contenido de materia orgánica, estimulan la acción microbiana, aumentan la adsorción y biodegradación de compuestos orgánicos como los plaguicidas, reducen la lixiviación y el posible peligro de contaminación de aguas subterráneas. Este beneficio se considera como una oportunidad de mejora para el control de lixiviados que maneja el Jardín Botánico José Celestino Mutis.

Implementar un humedal artificial en el Jardín Botánico José Celestino Mutis, para el aprovechamiento de la generación de lixiviados es también la oportunidad de mejora que se propone utilizar en la entidad, basándose en fabricar un humedal artificial de flujo horizontal, el cual es un sistema diseñado para tratar de manera controlada las zonas de recarga presentes en la eliminación de microorganismos patógenos mediante la imitación de procesos físicos, biológicos y químicos que ocurren en los humedales naturales, con dimensiones de 1.5 m x 0.5 m y 0.5 m, establecidas por **Bakhshoodeh y colaboradores (2017)**; este humedal artificial plantado con pasto, relleno con grava fina y una porosidad de 0.25, utilizado a escala piloto permitiría un mejor tratamiento de generar menor cantidad de lixiviados porque el agua circula horizontalmente a través del sustrato de manera continua y se favorecen las condiciones aerobias al mantenerse el nivel del agua por debajo del sustrato.

El biochar es otra de las oportunidades de mejora que pueda implementar el Jardín Botánico José Celestino Mutis en el compostaje; el cual es derivado de la madera dura proveniente la biomasa carbonizada como fuente de energía, y es utilizado como enmienda en el compost, minimizando en una gran proporción la generación de lixiviados, además extiende la capacidad de contención de agua y incrementa la disponibilidad de nutrientes en la absorción de las plantas, por lo que la mezcla del biochar con el compost tradicional, se puede tener muy presente como una estrategia agronómica que contribuya a la sostenibilidad del planeta, así lo proponen **Sorrenti & Toselli (2016)**; quienes generaron una reducción del volumen de lixiviación en el suelo de un año en 4 meses, recomendando también utilizar biochar en condiciones de campo minimizando las tasas de aplicación de compost, para así evitar una excesiva disponibilidad del nitrógeno en el compost generándose una autorregulación de la relación Carbono- Nitrógeno del proceso de compostaje.

Zhang & Sun (2016), consideraron un nuevo parámetro que mejora el proceso en el control del agua lluvia, a través de aplicación de astillas de madera en proporción de mezcla de 15 % y 35 % de residuos verdes que contienen hierba, hojas caídas y ramas. Esta mezcla permitiría que en el Jardín Botánico José Celestino Mutis se genere un mayor control de lixiviados, evitando así una compactación excesiva de los materiales a compostar y mediante la adición de la mezcla de astillas de madera aumentar la concentración de macro y micronutrientes en el compostaje, y reducir la lixiviación de nutrientes en el proceso. Por lo tanto se considera esta adición de mezcla de astillas de madera como una oportunidad de mejora para que sea utilizado en la entidad, porque permite un aumento en la permeabilidad del aire y aumento de la porosidad en el material mezclado, obteniendo más retención del agua del producto obtenido, es decir el compost final.

6.6.3 REDUCCIÓN EN EL TIEMPO DEL COMPOSTAJE

Actualmente el tiempo que tarda el compostaje en el Jardín Botánico José Celestino Mutis es aproximadamente de 6 a 7 meses, lo que se considera una gran falencia en la entidad debido a que un adecuado proceso en condiciones adecuadas se puede establecer en menos tiempo (**Sharma et al., 2014**). Esta reducción de tiempo la plantean **Soto-Paz y colaboradores (2017)**, mediante la implementación de modelos tecnológicos que generen una simulación del compostaje que permita controlar el tiempo que tardaría el proceso y su comportamiento, utilizando además biorresiduos como el aserrín que aumenta la porosidad en el compostaje, y genera también mejor calidad del compost obtenido al predecir calidad del producto y definir las condiciones operacionales más adecuadas.

Otra posibilidad la utilización de enmiendas o aditivos en el compostaje, en los que se incluyen productos que contengan microorganismos degradantes y diferentes agentes de control, como minerales naturales como las zeolitas, que absorben el exceso de humedad y gracias la capacidad de intercambio catiónico que tienen, permiten atrapar el amoníaco excesivo del compostaje, controlando así los malos olores y proporcionándole aireación; finalmente la utilización del biochar generado a partir de biomasa residual, utilizado en agricultura orgánica para generar así una reducción significativa en el tiempo de compostaje para la entidad como lo plantean **Waqas y colaboradores (2018)**.

Adicionar al proceso del compostaje algas y el material arcilloso bentonita, es otra oportunidad de mejora que se plantea para reducir el tiempo del compostaje en el Jardín

Botánico José Celestino Mutis, en donde recolectan los residuos verdes provenientes del mantenimiento de poda y ramas en la entidad. Esta oportunidad de mejora la plantean **Zhang & Sun (2017)**, en la utilización de algas y material arcilloso, aportando a la degradación de la lignocelulosa y mejorando la calidad del compost obtenido en la adición de residuos verdes en un 45% y el material arcilloso en un 35%; por lo cual el compostaje generó una maduración en tan solo 21 días, mejorando además el tamaño de la partícula del compostaje, la capacidad de inmovilización de agua y la porosidad del compost.

Finalmente se establece como oportunidad de mejora para un menor tiempo de compostaje en la entidad, la investigación realizada por **Zhang & Sun (2018)**, quienes experimentaron que adicionarle al compostaje una mezcla de piedras naturales como lo es la maifanita en un 8.5%, con el ensilaje en un 45%, genera una reducción en el compost obtenido, logrando además temperaturas promedio de 50-60 °C y mayor capacidad de retención de agua.

6.7 COMPARACIÓN BASES DE DATOS SCOPUS VS SCIENCE DIRECT

En la Tabla 9, se puede observar la comparación realizada de las dos bases de datos seleccionadas para la búsqueda de las nuevas tendencias del proceso del compostaje y las oportunidades de mejora para el Jardín Botánico José Celestino Mutis, en donde se establecen las diferencias en la forma, opciones de búsqueda y el modelo que utilizan que estos recursos multidisciplinarios para dar a conocer la información obtenida, ya sea en gráficas de barras o gráfico circular.

Tabla 9: Comparación bases de datos académicas consultadas

	SCOPUS	SCIENCE DIRECT
FORMA DE BÚSQUEDA	Ofrece búsquedas multidisciplinarias por tipo de documento, autor y afiliaciones.	Permite la búsqueda de revistas revisadas por pares, artículos, capítulos de libros y contenido de acceso.
OPCIONES DE BÚSQUEDA	<ol style="list-style-type: none"> 1. Todos los campos como: palabras clave, título del artículo, resumen, autores, título de la fuente, afiliación, información, y conferencia. 2. Seleccionar el rango de fecha de publicación. 3. Tipo de documento, entre los que están: artículo, revisión, libro, capítulo de 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Búsqueda avanzada por: revista, título de libro, años, autor, título, resumen o palabras clave especificadas por el autor. 2. Por tipo de revista: artículos de revisión, artículos de investigación, enciclopedia, capítulos de libros, resúmenes de conferencias, reseñas de libros, reportes del caso, comunicaciones cortas,

	<p>libro, documento de conferencia, revisión de conferencia, carta, editorial.</p> <p>4. Tipo de acceso: Todos, y acceso abierto.</p>	<p>publicaciones de software y artículos de video.</p>
<p>FORMA DE GRÁFICAR LA INFORMACIÓN</p>	<p>1. Gráficas de línea de tendencia en publicaciones por año y documento por año fuente.</p> <p>2. Gráficas en barras por autor, documento por afiliación, documento por país/territorio, documento del patrocinador financiero.</p> <p>3. Muestra el grafico circular del documento por área temática.</p>	<p>1. Se grafica manualmente, recomendando la gráfica de barras agrupadas por el tipo de revista publicada en: tecnología bioambiental, gestión de residuos, biodeterioro y biodegradación internacional, revista de gestión ambiental y ciencia del medio ambiente.</p>

Fuente: Autora

Los recursos electrónicos ofrecidos por la Universidad Antonio Nariño, como la plataforma **e-libro**, y las bases de datos académicas **Scopus** y **Science Direct**, le aportaron confiabilidad a la investigación en la variedad de documentos ofrecidos, los cuales permitieron el enfoque de los resultados obtenidos en el presente documento, en donde fue fundamental identificar los conceptos de exclusión de la búsqueda en la ecuación eficiente, para facilitar la búsqueda e interpretación del tema desarrollado.

7. CONCLUSIONES

De acuerdo a la metodología diseñada para el presente documento, mediante la revisión literaria establecida en el protocolo de búsqueda, se lograron identificar en los últimos años las nuevas tendencias que manejan en el proceso de compostaje, y con base a los artículos de investigación encontrados, se plantearon algunas estrategias para el Jardín Botánico José Celestino Mutis, tomando como referencia las falencias que allí presenta el compostaje.

El recurso multidisciplinario ofrecido por la Universidad Antonio Nariño, como la plataforma virtual e-libro, fue una guía útil para la identificación y la interpretación de las características que presenta el proceso del compostaje, y sus parámetros de control; se logró describir por medio de la revisión literaria y palabras claves cómo es el proceso del compostaje, identificando también la importancia de determinar correctamente el manejo de cada parámetro que interfiere en este proceso y en la calidad del producto final

El diagnóstico del proceso de compostaje que realiza el Jardín Botánico José Celestino Mutis, se logró con la encuesta al personal encargado; las falencias establecidas (control de agua lluvias, tiempo que tarda el compostaje y control de lixiviados), ayudaron a determinar cuáles fueron las oportunidades de mejora, para el Jardín Botánico José Celestino Mutis y optimizar la búsqueda en las bases de datos.

Para la identificación de las nuevas tendencias en el proceso de compostaje en los últimos años, se logró generar una ecuación de búsqueda eficiente que permitió obtener resultados más relevantes en las bases de datos académicas *Scopus* y *Science Direct*, empleando los operadores booleanos: “AND” para acoplar los conceptos claves de temática investigada, “OR” para determinar los sinónimos de las palabras claves y “NOT” para establecer las palabras de exclusión.

Las estrategias identificadas para que el Jardín Botánico José Celestino Mutis mejore el proceso de compostaje actual, se determinaron de acuerdo a las dificultades presentadas, en donde el problema real en la entidad es el control de aguas lluvia; este control se propone mediante la implementación del sistema de biorretención (especificado en el ítem 6.6.1), que recibe y controla el agua lluvia; por otro lado el humedal artificial de flujo horizontal implementado en la entidad (especificado en el ítem 6.6.2), aprovecharía y generaría menor cantidad de lixiviados; finalmente la implementación de modelos tecnológicos (especificados en el ítem 6.6.3), permitiría una simulación en tiempo real del proceso del compostaje,

controlando el tiempo que tarda el proceso y utilizando biorresiduos como el aserrín, que aumentaría la porosidad del compostaje. Las oportunidades de mejora establecidas están sujetas al presupuesto asignado y disponible en la entidad, para que puedan implementarse en el proceso de compostaje.

8. RECOMENDACIONES

Se espera que el Jardín Botánico José Celestino Mutis implemente las oportunidades de mejora establecidas, enfocando la prioridad al control de aguas lluvia, pues esta es la principal falencia que tiene la entidad por el compostaje que maneja a cielo abierto; esto controlaría también el tiempo que tarda el compostaje y la generación de lixiviados.

Se recomienda hacer uso del protocolo para una búsqueda refinada en conceptos diferentes al compostaje, y que se encuentra en el anexo 3 del presente documento, en donde se explica paso a paso cómo se utilizó la ecuación de búsqueda eficiente, la cual garantizó mejores resultados en la investigación realizada; este protocolo es de gran utilidad para tener en cuenta como alternativa en el momento que se requiera realizar una investigación completa en la revisión literaria, con un análisis efectivo y calidad en los resultados obtenidos.

La educación ambiental es un enfoque que le puede permitir al Jardín Botánico José Celestino Mutis, fortalecer el proceso de compostaje que actualmente realiza, ya que la pasantía realizada en la entidad permitió una gran contribución en mi formación profesional como ingeniera ambiental, debido a que en la ejecución de las prácticas se desarrollaron diferentes actividades con enfoque a la educación ambiental en colegios, entidades, empresas y los visitantes que se dirigieron al Jardín Botánico con la finalidad de realizar recorridos relacionadas con la agricultura urbana que tiene gran similitud con el proceso de compostaje.

Es importante resaltar que la educación ambiental es una oportunidad de aprender nuevos enfoques en la enseñanza tradicional y así mismo, enseñar a la comunidad que tiene derecho a nuevos conocimientos con énfasis a la conservación del medio ambiente; por lo que la falta de concienciación de la ciudadanía, hace que ésta carezca de pertenencia cultural y social en el desarrollo de procesos de compostaje. Es allí en donde el Jardín Botánico José Celestino Mutis, puede contribuir a mejorar la agricultura urbana en talleres acompañados del trabajo con programas educativos, para llegar a cualquier tipo de población que los visita, sin importar su estado social, cultural, físico y económico; estos talleres y capacitaciones brindarían la oportunidad para que la comunidad haga parte del proceso de compostaje en la entidad y se apropie del conocimiento.

En la pasantía realizada en la subdirección educativa y cultural del Jardín Botánico José Celestino Mutis, se logró evidenciar falencias en la pertinencia y conocimiento por parte de la entidad de como generar un mejor aprovechamiento a los residuos sólidos urbanos destinados

por los visitantes a la entidad y que puedan ser utilizados en el proceso del compostaje, en donde es fundamental que la comunidad no solamente realice el proceso adecuado de separación de los desechos sólidos en los hogares por medio del reciclaje, sino también lograr identificar en que proporción estos residuos sólidos generan un mayor rendimiento del proceso de compostaje incentivando más al reciclaje y a la necesidad de conservar los recursos de importancia social y cultural en la ciudad de Bogotá.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abu Qdais, H., & Al-Widyan, M. (2016). Evaluating composting and co-composting kinetics of various agro-industrial wastes. International Journal Of Recycling Of Organic Waste In Agriculture, 5(3), 273-280. doi: 10.1007/s40093-016-0137-3.*
- Ahmed, M., Ahmad, S., Fayyaz-ul-Hassan, Qadir, G., Hayat, R., Shaheen, F. A., & Raza, M. A. (2019). Innovative processes and technologies for nutrient recovery from wastes: A comprehensive review. En Sustainability (Switzerland). <https://doi.org/10.3390/su11184938>.*
- Anzolín, A. (2015). Ambiente, desarrollo y sociedad. (p. 196). Editorial Maipue. Disponible en: <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/77327>. [Recuperado 29 Mar. 2020].
- Bakhshoodeh, R., Alavi, N., Majlesi, M., & Paydary, P. (2017). Compost leachate treatment by a pilot-scale subsurface horizontal flow constructed wetland. Ecological Engineering. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.04.058>.*
- Baird, C., & Cann, M. (2015). Química ambiental. (2.ª ed., p. 698). Editorial Reverté. Disponible en: <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/46783>. [Recuperado 29 Mar. 2020].
- Bhattacharjee, N. V., & Tollner, E. W. (2016). Improving management of windrow composting systems by modeling runoff water quality dynamics using recurrent neural network. Ecological Modelling. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2016.08.011>*
- Bhave, P. P., & Kulkarni, B. N. (2019). Effect of active and passive aeration on composting of household biodegradable wastes: a decentralized approach. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture. <https://doi.org/10.1007/s40093-019-00306-7>.*
- Bernal Calderón, M., Albuquerque Méndez, J., Bustamante Muñoz, M., Vila, R., Bonmati Blasi, A., & Moral Herrero, R. (2014). Uso agrícola de materiales digeridos. (1.ª ed., pp. 83-84). Mundi-Prensa. Disponible en:

<https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/55260>. [Recuperado 29 Mar. 2020].

Boniche, V. (2020). La Utilización De Operadores En La Ecuación De Búsqueda. [en línea] Bib.uni.edu.ni. Disponible en: <http://www.bib.uni.edu.ni/peri/Operadores%20Boleanos.pdf> [Recuperado 16 de mayo de 2020].

Brion, J. (2004). Disposición final de residuos sólidos urbanos. (1.^a ed., p. 234). Disponible en: <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/27280>. [Recuperado 25 Feb. 2020].

Castells, X. (2005). Tratamiento y valorización energética de residuos. (1.^a ed., pp. 658-684). Madrid: Ediciones Díaz de Santos. Disponible en: <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/62549>. [Recuperado 25 Feb. 2020].

Castells, X. (2009). Diccionario de términos ambientales. (p. 1180). Ediciones Díaz de Santos. Disponible en: <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/62622>. [Recuperado 29 Mar. 2020].

Cardoso, J., Gomes, H. T., & Brito, P. (2019). Viability of the use of leachates from a mechanical biological municipal solid waste treatment plant as fertilizers. Recycling. <https://doi.org/10.3390/recycling4010008>.

Cabildo, M. M. D. P., Escolástico, L. C., & Esteban, S. S. (2008). Reciclado y tratamiento de residuos. p.126-152. Disponible en: <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/48442>. [Recuperado 8 Mar. 2020].

Contreras López, A. & Molero Meneses, M., 2011. Ciencia Y Tecnología Del Medio Ambiente. Universidad Nacional de Educación a Distancia. pp.242 - 276. Disponible en: <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/85142>. [Recuperado 24 Mar. 2020].

- Fiad, J. (2009). Residuos orgánicos. (1.^a ed., p. 5). El Cid Editor. Disponible en: <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/28188>. [Recuperado 29 Mar. 2020].
- Flotats Ripoll, X., Bonmatí Blasi, A., Fernández García, B., Sales Márquez, D., Aymerich Soler, E., & Picón, I. et al. (2016). Ingeniería y aspectos técnicos de la digestión anaeróbica II.4. (1.^a ed., p. 181). Madrid: Mundi-Prensa. Disponible en: <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/55257>. [Recuperado 29 Mar. 2020].
- Flotats, X., & Campos, E. (2005). Procesos biológicos: La digestión anaerobia y el compostaje. Tratamiento y valorización energética de residuos. Disponible en: <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/32164>. [Recuperado 25 Feb. 2020].
- Fraume Restrepo, N. (2007). Diccionario ambiental. (p. 293). Ecoe Ediciones. Disponible en: <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/69025>. [Recuperado 29 Mar. 2020].
- Galván Meraz, F. (2009). Diccionario ambiental y de asignaturas afines. (p. 201). Ediciones Arlequín. Disponible en: <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/41222>. [Recuperado 29 Mar. 2020].
- García, F. (2009). Caracterización y calidad de un abono orgánico fermentado aof preparado con residuos del proceso de industrialización de la papa (*Solanum tuberosum* L). Logos Ciencia y Tecnología. No. 1, 2009. (1.^a ed., p. 4). D - Dirección Nacional de Escuelas. Disponible en: <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/33296>. [Recuperado 29 Mar. 2020].
- Jordi García, X. & Montserrat Soliva, M. (2012). Tecnologías aplicables al tratamiento de residuos. 1.^a ed. Madrid: Díaz de Santos, p.154. Disponible en: <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/62630>. [Recuperado 25 Feb. 2020].
- Jurado, M., López, M. J., Suárez-Estrella, F., Vargas-García, M. C., López-González, J. A., & Moreno, J. (2014). *Exploiting composting biodiversity: Study of the persistent and*

- biotechnologically relevant microorganisms from lignocellulose-based composting. Bioresource Technology. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.03.145>.*
- Kim, E. Y., Hong, Y. K., Lee, C. H., Oh, T. K., & Kim, S. C. (2018). *Effect of organic compost manufactured with vegetable waste on nutrient supply and phytotoxicity. Applied Biological Chemistry. <https://doi.org/10.1007/s13765-018-0386-0>.*
- Lerma Ruiz, A., López Llorens, J. & Alía Sánchez, M. (2015). Medio ambiente y espacios verdes. 1.^a ed. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia, p.365. Disponible en: <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/48818>. [Recuperado 26 Feb. 2020].
- Liu, L., Wang, S., Guo, X., Zhao, T., & Zhang, B. (2018). *Succession and diversity of microorganisms and their association with physicochemical properties during green waste thermophilic composting. Waste Management. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.12.026>.*
- Liu, J., Sample, D. J., Bell, C., & Guan, Y. (2014). *Review and research needs of bioretention used for the treatment of urban stormwater. En Water (Switzerland). <https://doi.org/10.3390/w6041069>*
- López Fernández, J., Navarro González, M., & Rad Moradillo, C. (2011). Compostaje de residuos orgánicos y seguridad medioambiental. (p. 322). Editorial Universidad de Burgos. Disponible en: <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/59486>. [Recuperado 29 Mar. 2020].
- López, M., Martínez-Farre, X., Casas, O., Quilez, M., Polo, J., Lopez, O., Hornero, G., Pinilla, M. R., Rovira, C., Ramos, P. M., Borges, B., Marques, H., & Girão, P. S. (2014). *Intelligent composting assisted by a wireless sensing network. Waste Management. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.12.019>.*
- López Martínez, M., Canet Castelló, R., Huerta Pujol, Ó., Gea Leiva, M., Pérez Murcia, M. & Martínez Farré, F. (2014). Valorización de la fracción orgánica de residuos municipales: Materia prima, proceso y producto. 1.^a ed. Madrid: Mundi Prensa, p.164. Disponible en: <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/55263>. [Recuperado 26 Feb. 2020].

López Pérez, M., 2017. Tratamiento De Residuos Urbanos O Municipales. 1.^a ed. Madrid: Editorial CEP, S.L, pp.76-78. Disponible en: <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/55263>. [Recuperado 3 Mar. 2020].

Masaguer Rodríguez, A., López Fabal, A., Carmona Chiara, E., Fornés Sebastiá, F., & amp; Ordovás Ascaso, J. (2015). Uso del Compost como componente de sustratos para cultivo en contenedor. (1.^a ed., p. 37). España: Mundi Prensa. Disponible en: <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/55270>. [Recuperado 8 Mar. 2020].

Moreno Casco, J. & Moral Herrero, R. (2008). Compostaje. 1.^a ed. Madrid: Mundi Prensa, p.75-163. Disponible en: <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/55240>. [Recuperado 25 Feb. 2020].

Navas Cuenca, E. (2015). Gestión de residuos peligrosos. (2.^a ed., p. 5). ICB, S.L. (*Interconsulting Bureau S.L.*). Disponible en: <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/113234>. [Recuperado 29 Mar. 2020].

Nogués, F., García Galindo, D. & Rezeau, A. (2010). Energía de la biomasa. Vol. II. 1.^a ed. Zaragoza: Fernando Sebastián Nogués, p.123. Disponible en: <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/44859>. [Recuperado 26 Feb. 2020].

Pascual Valero, J., Moreno Casco, J., Ros Muñoz, M. & Vargas García, M. (2015). Aspectos biológicos de la estabilización aeróbica II.1. 1.^a ed. España: Mundi Prensa, p.245. Disponible en: <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/55256>. [Recuperado 25 Feb. 2020].

Pecoraio, S. (2015). Gestión de residuos urbanos. (1.^a ed., pp. 8-23). Cano Pina, SL. Disponible en: <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/44025>. [Recuperado 8 Mar. 2020].

Prieto Saralegui, B. (2016). Optimización de la gestión de los residuos sólidos urbanos en la mancomunidad de San Markos mediante herramientas multicriterio. (p. 31).

Universidad Internacional de Andalucía. Disponible en: <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/53235>. [Recuperado 29 Mar. 2020].

Puerta, E. S. M. (2009). Los residuos sólidos municipales como acondicionadores de suelos. Disponible en: <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/25743>. [Recuperado 26 Feb. 2020].

Puyuelo, B., Gea, T., & Sánchez, A. (2014). GHG emissions during the high-rate production of compost using standard and advanced aeration strategies. Chemosphere. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.02.060.

Red Española De Compostaje. (2015). De Residuo A Recurso. El Camino Hacia La Sostenibilidad. 3.^a ed. Mundi-Prensa, p.19. Disponible en: <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/55268>. [Recuperado 25 Feb. 2020].

Red Española De Compostaje. (2014). Residuos urbanos i.4. Disponible en: <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/55265>. [Recuperado 26 Feb. 2020].

Sadhvani Alonso, J. (2015). Gestión y tratamiento de residuos I. (1.^a ed., p. 57). Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Servicio de Publicaciones y Difusión Científica. Disponible en: <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/57223>. [Recuperado 29 Mar. 2020].

Sarpong, D., Oduro-Kwarteng, S., Gyasi, S., Buamah, R., Donkor, E., Awuah, E., & Baah, M. (2019). Biodegradation by composting of municipal organic solid waste into organic fertilizer using the black soldier fly (Hermetia illucens) (Diptera: Stratiomyidae) larvae. International Journal Of Recycling Of Organic Waste In Agriculture, 8(S1), 45-54. doi: 10.1007/s40093-019-0268-4.

Sharma, A., Sharma, R., Arora, A., Shah, R., Singh, A., Pranaw, K., & Nain, L. (2014). Insights into rapid composting of paddy straw augmented with efficient microorganism consortium. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture. https://doi.org/10.1007/s40093-014-0054-2.

Shrestha, P., Bellitürk, K., & Görres, J. H. (2019). Phytoremediation of heavy metal-contaminated soil by switchgrass: A comparative study utilizing different composts and coir fiber on pollution remediation, plant productivity, and nutrient leaching. International Journal of Environmental Research and Public Health. <https://doi.org/10.3390/ijerph16071261>.

Sillero Moreno, F. (2012). Tratamiento de residuos urbanos o municipales. (1.ª ed., p. 42). Disponible en: <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/54274>. [Recuperado 29 Mar. 2020].

Solé, J. (2011). El huerto ecológico. (p. 88). Ned ediciones. Disponible en: <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/59709>. [Recuperado 29 Mar. 2020].

Solera del Río, R., Álvarez Gallego, C., Aymerich Soler, E., Bedmar Gómez, E., Carballa Arcos, M., Castrillón Peláez, L., Font Segura, X., López López, M., Marañón Maison, E., Prenafeta Boldú, F., Tortosa Muñoz, G. & Vicent Huguet, T. (2014). Aspectos biológicos de la digestión anaeróbica II.2. 1.ª ed. Madrid: Mundi Prensa, pp.113-118. Disponible en: <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/55266>. [Recuperado 26 Feb. 2020].

Soto-Paz, J., Oviedo-Ocaña, R., Torres-Lozada, P., Marmolejo-Rebellón, L. F., & Manyoma-Velásquez, P. C. (2017). Composting of biowaste: Research trends and relevance in developing countries. DYNA (Colombia). <https://doi.org/10.15446/dyna.v84n203.61549>.

Sorrenti, G., & Toselli, M. (2016). Soil leaching as affected by the amendment with biochar and compost. Agriculture, Ecosystems and Environment. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.04.024>.

Taiariol, D. (2009). Lombricultura. p.5. Disponible en: <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/28922>. [Recuperado 25 Feb. 2020].

Trillas Gay, M., Avilés Guerrero, M., Suárez, F. & Moreno Casco, E. (2014). Compost y control biológico de las enfermedades de las plantas III. 6. 1.ª ed. España: Mundi prensa,

- pp.17. Disponible en: <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/55259>. [Recuperado 25 Feb. 2020].
- Vargas Rojas, R. (2009). Guía para la descripción de suelos. 4.^a ed. Roma, p.44. Disponible en: <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/96445>. [Recuperado 25 Feb. 2020].
- Vázquez Conde, R. (2014). Ecología y medio ambiente. (2nd ed., p. 110). Grupo Editorial Patria. Disponible en: <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/39485>. [Recuperado 29 Mar. 2020].
- Virginie, M. (2011). Los caminos del reciclaje. (p. 72). ProQuest Ebook Central. Disponible en: <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/59710>. [Recuperado 29 Mar. 2020].
- Wang, J., Liu, Z., Xia, J., & Chen, Y. (2019). *Effect of microbial inoculation on physicochemical properties and bacterial community structure of citrus peel composting*. *Bioresource Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121843>.
- Waqas, M., Nizami, A. S., Aburizaiza, A. S., Barakat, M. A., Rashid, M. I., & Ismail, I. M. I. (2018). *Optimizing the process of food waste compost and valorizing its applications: A case study of Saudi Arabia*. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.165>
- Yang, K., Zhu, L., Zhao, Y., Wei, Z., Chen, X., Yao, C., Meng, Q., & Zhao, R. (2019). *A novel method for removing heavy metals from composting system: The combination of functional bacteria and adsorbent materials*. *Bioresource Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122095>.
- Yuan, J., Yang, Q., Zhang, Z., Li, G., Luo, W., & Zhang, D. (2015). *Use of additive and pretreatment to control odors in municipal kitchen waste during aerobic composting*. *Journal of Environmental Sciences (China)*. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2015.03.028>.
- Zhang, L., & Sun, X. (2018). *Evaluation of maifanite and silage as amendments for green waste composting*. *Waste Management*. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.04.028>

Zhang, L., & Sun, X. (2017). Addition of seaweed and bentonite accelerates the two-stage composting of green waste. Bioresource Technology. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.06.099>.

Zhang, L., & Sun, X. (2016). Influence of bulking agents on physical, chemical, and microbiological properties during the two-stage composting of green waste. Waste Management. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.11.032>.

10. ANEXOS

ANEXO 1: ENCUESTA ADMINISTRADOR AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES EN EL JARDÍN BOTÁNICO JOSÉ CELESTINO MUTIS

UAN
UNIVERSIDAD
ANTONIO NARIÑO

Una Universidad con Presencia
Nacional y Vocación Regional

**UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
TRABAJO DE GRADO: MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS DE
COMPOSTAJE URBANOS**

DATOS GENERALES	
Nombres y apellidos	Luis Alfonso Sandoval
Correo electrónico	lsandoval@jbb.gov.co
Entidad y cargo	Administrador ambiental y de recursos naturales

OPINION GENERAL ACERCA DEL COMPOSTAJE	
Cuáles considera que son las principales ventajas del compostaje:	
Reducción de la cantidad de residuos sólidos urbanos.	J
Reducción en la compra de fertilizantes.	J
Mejora en la calidad del suelo al ser aplicado.	J
Eliminación de organismos patógenos.	✓

RECOLECCIÓN DE DATOS GENERALES DEL COMPOSTAJE		
Lugar donde gestiona la actividad del compostaje. <i>Área de aprovechamiento</i>		
Número de personas en total que gestionan en la entidad el proceso del compostaje.	<i>6 personas</i>	
Participa algún tipo de población en el proceso del compostaje por iniciativa propia.	SI	NO
Cuál? <i>Comunidad en general.</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Qué otro destino final, diferentes del compostaje, tienen los residuos sólidos orgánicos en la entidad?		
Deposito en vertedero		
Tratamiento térmico (incineración) con o sin aprovechamiento energético		
Aplicación en el suelo para que se degraden de forma natural		
Agricultura urbana		
Relleno sanitario		
Otro (cuál) <i>Se hace proceso de biogasificación para fines de obtener gas y finalizar en energía</i>		



Acreditación Institucional
de Alta Calidad Sede Bogotá

Conoce otras técnicas de compostaje diferentes a la empleada en el Jardín Botánico José Celestino Mutis?	SI	NO
Cuál? <i>Lombicultura</i>		

ACTIVIDAD DEL COMPOSTAJE									
Tipo de actividad de donde provienen los residuos que utiliza para el compostaje (domestico, comunitario).	<i>Separación en la fuente y Compostaje domestico</i>								
Cuánto tiempo lleva el Jardín Botánico José Celestino Mutis haciendo compostaje?	<i>20 años</i>								
Uso del compostaje generado (área urbana, área rural, vivienda).	<i>Área urbana vivienda</i>								
Conoce la relación C/N del compostaje en el Jardín Botánico José Celestino Mutis.	<i>30 / 70</i>								
De que tamaño es la pila en los procesos actuales de compostaje.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Dimensiones</th> <th>Volumen</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>20 x 2,00 x 2,50 mts</i></td> <td><i>100 m³</i></td> </tr> </tbody> </table>	Dimensiones	Volumen	<i>20 x 2,00 x 2,50 mts</i>	<i>100 m³</i>				
	Dimensiones	Volumen							
<i>20 x 2,00 x 2,50 mts</i>	<i>100 m³</i>								
Cuanto tiempo tarda el proceso de compostaje en el Jardín Botánico José Celestino Mutis.	<i>6 a 7 meses</i>								
Utiliza el Jardín Botánico José Celestino Mutis aditivos biológicos como microorganismos eficientes?	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cantidad utilizada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>20l. x 2000</i></td> </tr> </tbody> </table>	Cantidad utilizada	<i>20l. x 2000</i>						
Cantidad utilizada									
<i>20l. x 2000</i>									
Qué porcentaje de Residuos sólidos orgánicos generados por los visitantes del Jardín Botánico José Celestino Mutis se destinan al compostaje.	<table border="1"> <tbody> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;"><i>X</i></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>< 20 %</td> <td>20 -50 %</td> <td>50-80%</td> <td>> 80%</td> </tr> </tbody> </table>		<i>X</i>			< 20 %	20 -50 %	50-80%	> 80%
	<i>X</i>								
< 20 %	20 -50 %	50-80%	> 80%						
Como controla el Jardín Botánico José Celestino Mutis los malos olores generados en el compostaje.	<i>Volteos, cal, melaza.</i>								

SEÑALE LOS PRINCIPALES OBSTÁCULOS DEL COMPOSTAJE QUE HAY EN EL JARDÍN BOTÁNICO JOSÉ CELESTINO MUTIS:	
Escasa temperatura alcanzada durante el proceso (menos de 40°C)	0-40 Mesofilia
Dificultades o dudas en las operaciones de volteo	NO 40-65. Termofilia
Dificultades o dudas con el manejo de lixiviados	NO
Problemas con el llenado y vaciado de los compostadores	NO
Olores, insectos, roedores	NO
Baja calidad del compost obtenido	NO
Escasa humedad	NO
Exceso de Humedad	NO
Tiempo del proceso	Maximo 7m.
Control de aguas lluvias	Si tanques
Control de lixiviados	Si tanque.
Control de temperatura en las fases del compostaje	Si
Control de la aireación del compostaje	Si
Otro (cuál)	PH

EXPERIENCIA DEL COMPOSTAJE EN EL JARDIN BOTÁNICO JOSÉ CELESTINO MUTIS	
Existe un programa de seguimiento, control o asesoría sistematizado que incluya visitas técnicas al Jardín Botánico José Celestino Mutis.	Secretaría medio Ambiente
Cuál es el destino final del compost.	Aprovechamiento en urbanización agricultura urbana, JBB intonso
Dispone de análisis químicos del compost producido en el Jardín Botánico José Celestino Mutis.	Si

Cordialmente




ANEXO 2: ENCUESTA COORDINADOR DE AGRICULTURA URBANA Y ÁREA DE APROVECHAMIENTO EN EL JARDÍN BOTÁNICO JOSÉ CELESTINO MUTIS

UAN UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO		Una Universidad con Presencia Nacional y Vocación Regional
UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL TRABAJO DE GRADO: MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS DE COMPOSTAJE URBANOS		
DATOS GENERALES		
Nombres y apellidos	Edgar Hernán Lara garza	
Correo electrónico	elara@jbb.gov.co	
Entidad y cargo	coordinador agricultura urbana y área de aprovechamiento	
OPINION GENERAL ACERCA DEL COMPOSTAJE		
Cuáles considera que son las principales ventajas del compostaje:		
Reducción de la cantidad de residuos sólidos urbanos.		
Reducción en la compra de fertilizantes.	X	
Mejora en la calidad del suelo al ser aplicado.	X	
Eliminación de organismos patógenos.		
RECOLECCIÓN DE DATOS GENERALES DEL COMPOSTAJE		
Lugar donde gestiona la actividad del compostaje.	Área de Aprovechamiento	
Número de personas en total que gestionan en la entidad el proceso del compostaje.	5 personas	
Participa algún tipo de población en el proceso del compostaje por iniciativa propia.	SI	NO
		X
Cuál?		
¿Qué otro destino final, diferentes del compostaje, tienen los residuos sólidos orgánicos en la entidad?		
Deposito en vertedero		
Tratamiento térmico (incineración) con o sin aprovechamiento energético		
Aplicación en el suelo para que se degraden de forma natural		
Agricultura urbana		
Relleno sanitario		
Otro (cuál)	Residuos de mantenimiento de las colecciones vivas de la entidad (césped - Ramas - Hojas)	

Conoce otras técnicas de compostaje diferentes a la empleada en el Jardín Botánico José Celestino Mutis?	SI	NO
		X
Cuál?		

ACTIVIDAD DEL COMPOSTAJE									
Tipo de actividad de donde provienen los residuos que utiliza para el compostaje (domestico, comunitario).	compostaje para aprovechar el mantenimiento de las colecciones vivas - zonas verdes - componente arboreo								
Cuánto tiempo lleva el Jardín Botánico José Celestino Mutis haciendo compostaje?	20 años								
Uso del compostaje generado (área urbana, área rural, vivienda).	Agricultura urbana								
Conoce la relación C/N del compostaje en el Jardín Botánico José Celestino Mutis.	95								
De que tamaño es la pila en los procesos actuales de compostaje. No conozco el dato exacto	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Dimensiones</th> <th>Volumen</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Dimensiones	Volumen						
Dimensiones	Volumen								
Cuanto tiempo tarda el proceso de compostaje en el Jardín Botánico José Celestino Mutis.	descubierto de 4 a 6 meses								
Utiliza el Jardín Botánico José Celestino Mutis aditivos biológicos como microorganismos eficientes?	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cantidad utilizada</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Preferentes - biofermento melaza - levadura</td> </tr> </tbody> </table>	Cantidad utilizada	Preferentes - biofermento melaza - levadura						
Cantidad utilizada									
Preferentes - biofermento melaza - levadura									
Qué porcentaje de Residuos sólidos orgánicos generados por los visitantes del Jardín Botánico José Celestino Mutis se destinan al compostaje.	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>< 20 %</td> <td>20 -50 %</td> <td>50-80%</td> <td>> 80%</td> </tr> </tbody> </table>	X				< 20 %	20 -50 %	50-80%	> 80%
X									
< 20 %	20 -50 %	50-80%	> 80%						
Como controla el Jardín Botánico José Celestino Mutis los malos olores generados en el compostaje.	NO se trabaja con carnicos ni cocinados, no vectores								

SEÑALE LOS PRINCIPALES OBSTÁCULOS DEL COMPOSTAJE QUE HAY EN EL JARDÍN BOTÁNICO JOSÉ CELESTINO MUTIS:

Escasa temperatura alcanzada durante el proceso (menos de 40°C)	
Dificultades o dudas en las operaciones de volteo	
Dificultades o dudas con el manejo de lixiviados	X
Problemas con el llenado y vaciado de los compostadores	
Olores, insectos, roedores	
Baja calidad del compost obtenido	
Escasa humedad	X
Exceso de Humedad	X se alarga el tiempo de las pilas
Tiempo del proceso	
Control de aguas lluvias	
Control de lixiviados	X reutilización de los mismos
Control de temperatura en las fases del compostaje	
Control de la aireación del compostaje	
Otro (cuál)	

EXPERIENCIA DEL COMPOSTAJE EN EL JARDIN BOTÁNICO JOSÉ CELESTINO MUTIS

Existe un programa de seguimiento, control o asesoría sistematizado que incluya visitas técnicas al Jardín Botánico José Celestino Mutis.	Prueba de compost Periódico
Cuál es el destino final del compost.	Enriquecer colecciones vivas Jbb, Agricultura urbana.
Dispone de análisis químicos del compost producido en el Jardín Botánico José Celestino Mutis.	Pilas semi-dinámicas

Ordinamente




ANEXO 3: PROTOCOLO DE BÚSQUEDA ESTABLECIDO EN LA REVISIÓN LITERARIA DEL COMPOSTAJE EN e-LIBRO Y LAS NUEVAS TENDENCIAS PARA SCOPUS Y SCIENCE DIRECT

ANEXO 3.1: BÚSQUEDA EN e-LIBRO

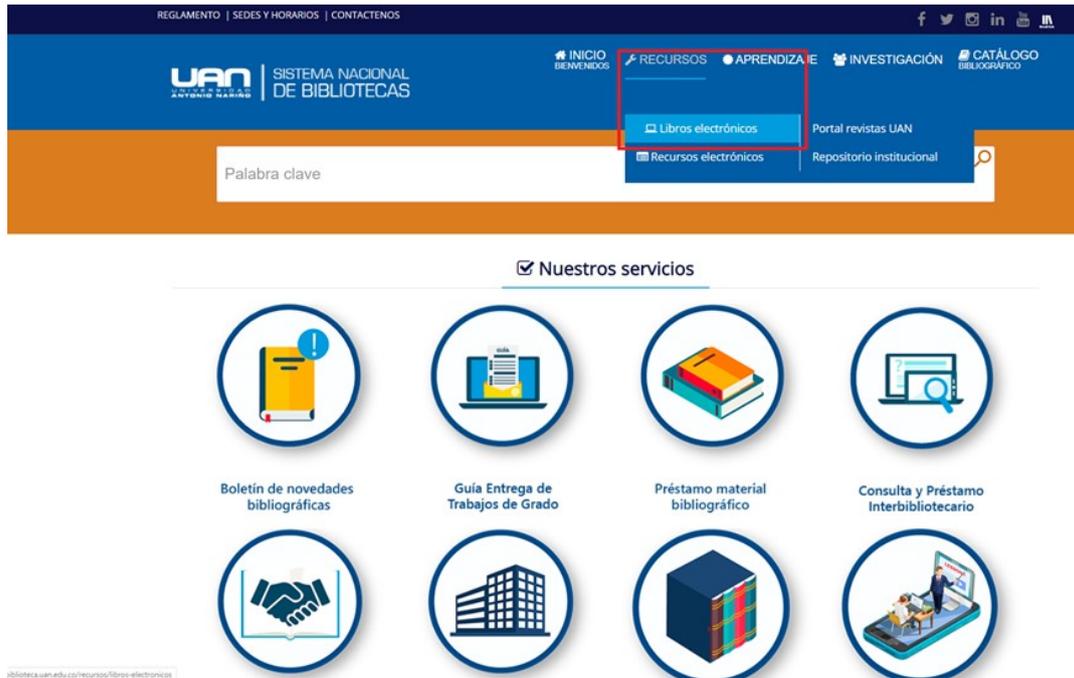
1. Ingresar por el navegador de preferencia a la página de la Universidad Antonio Nariño www.uan.edu.co



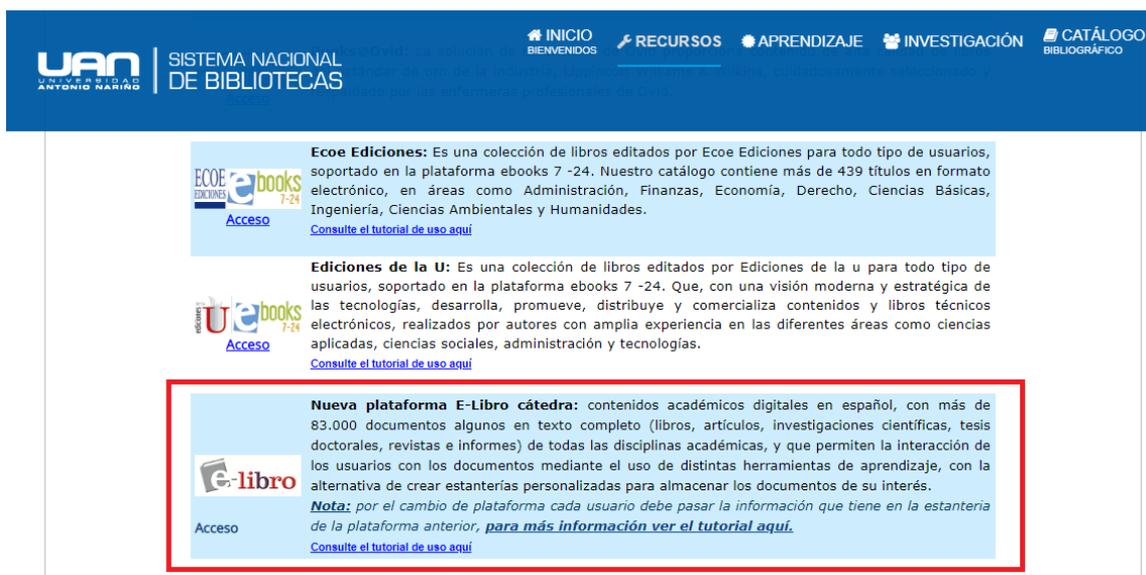
2. Dar clic en el icono servicios académicos, en la opción bibliotecas.



3. Se abre una pestaña en el navegador, dar clic en el icono recursos-libros electrónicos.



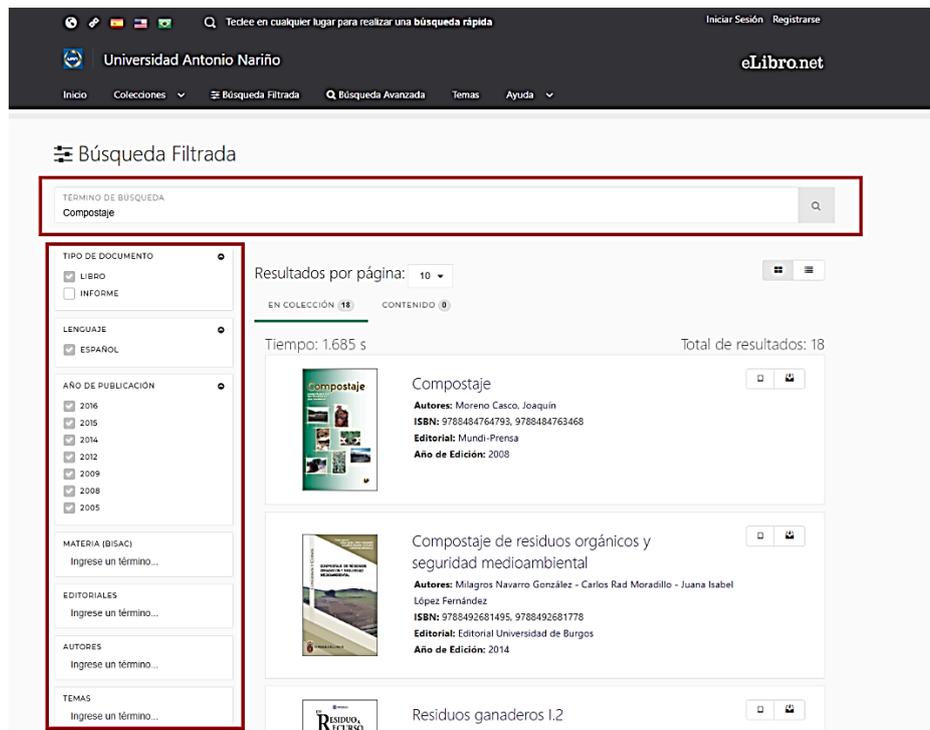
4. A continuación en el sistema nacional de bibliotecas Universidad Antonio Nariño se observa la galería de libros electrónicos que tiene en su estantería virtual. Se elige el libro electrónico **e-libro**, para realizar la respectiva consulta del tema de interés.



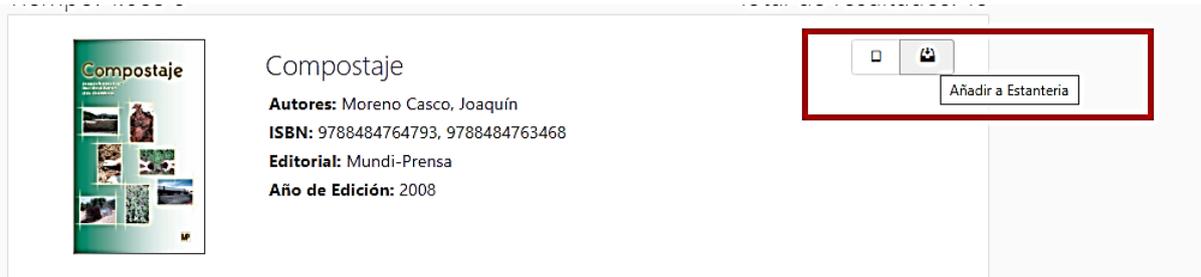
5. La estantería virtual de **e-libro** permite generar tres diferentes tipos de búsqueda, las cuales son búsqueda rápida, búsqueda filtrada y búsqueda avanzada; se le da clic en la opción búsqueda filtrada para obtener resultados más precisos del tema a investigar.



6. La búsqueda filtrada del recurso **e-libro**, permite ingresar el término de búsqueda, filtrar por tipo de documento, lenguaje, año de publicación, editoriales, autores, y temas.



7. Al obtener los resultados de la búsqueda realizada, se indaga en la estantería, consultando el tema de investigación. Si se considera necesario se agrega la búsqueda a la estantería para consultarlo después.



Compostaje

Autores: Moreno Casco, Joaquín
ISBN: 9788484764793, 9788484763468
Editorial: Mundi-Prensa
Año de Edición: 2008

Añadir a Estantería

7. Dar click en leer el libro en línea, para garantizar que la búsqueda tenga el enfoque de la investigación.

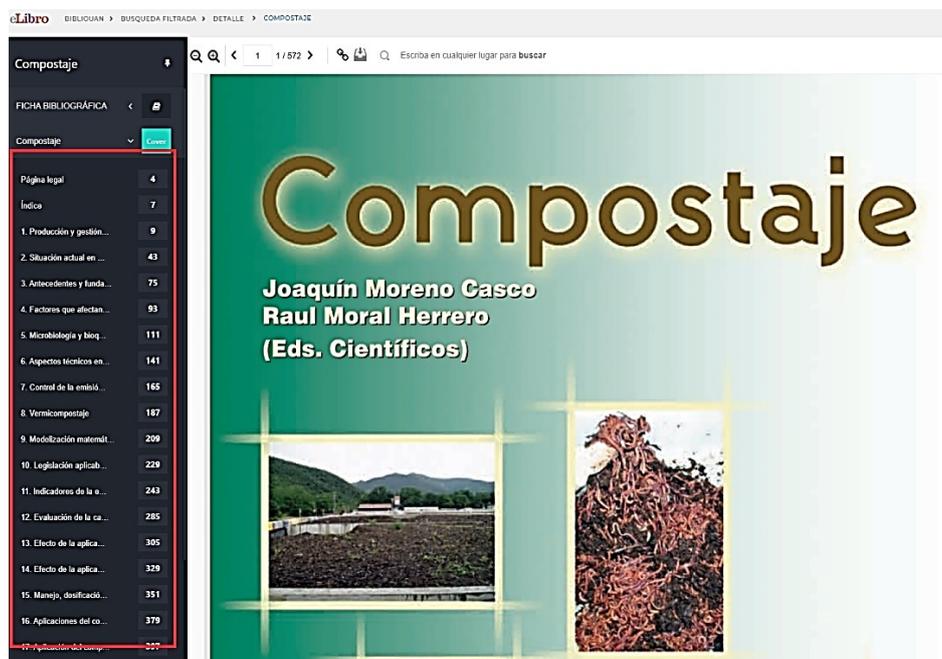


Compostaje

Autores: Moreno Casco, Joaquín
ISBN: 9788484764793, 9788484763468
Editorial: Mundi-Prensa
Año de Edición: 2008

Leer en línea

8. Una vez consultado el libro en línea, se indaga en el contenido ubicado en la parte izquierda de la pantalla y seleccionar la información necesaria, para ser añadida a la redacción del documento, o para la lectura en línea del libro electrónico.



eLibro BIBLIUJAN > BÚSQUEDA FILTRADA > DETALLE > COMPOSTAJE

Compostaje

FICHA BIBLIOGRÁFICA

Compostaje

Página legal	4
Índice	7
1. Producción y gestión...	9
2. Situación actual en ...	43
3. Antecedentes y funda...	75
4. Factores que afectan...	93
5. Microbiología y biog...	111
6. Aspectos técnicos en...	141
7. Control de la emisio...	165
8. Vermicompostaje	187
9. Modelización matemá...	209
10. Legislación aplicab...	229
11. Indicadores de la o...	243
12. Evaluación de la ca...	285
13. Efecto de la aplica...	305
14. Efecto de la aplica...	329
15. Manejo, dosificació...	351
16. Aplicaciones del co...	379
17. Aplicación del comp...	397

Compostaje

Joaquín Moreno Casco
Raul Moral Herrero
(Eds. Científicos)

ANEXO 3.2: BÚSQUEDA EN SCOPUS

Para acceder a este recurso multidisciplinario electrónico que ofrece la Universidad Antonio Nariño, se deben llevar a cabo los siguientes pasos.

1. Ingresar por el navegador de su preferencia a la página de la Universidad Antonio Nariño www.uan.edu.co



2. Dar clic en el icono servicios académicos, en la opción bibliotecas.



3. Se abre una pestaña en el navegador, dar clic en el icono recursos - recursos electrónicos.



☑ Nuestros servicios



4. Se abre una pestaña en el navegador, en donde el sistema nacional de bibliotecas Universidad Antonio Nariño, despliega los recursos ofrecidos, luego se le da clic en multidisciplinarios.



5. En la variedad de recursos multidisciplinarios ofrecidos por el sistema nacional de bibliotecas Uan se da clic en la base de datos *Scopus*.

ScienceDirect
[Acceso](#)

Journals: La colección llamada "FREEDOM" es la colección de revistas que contiene a su vez todos los títulos de revistas. Las llamadas "Subject Collection" que forman parte de la Colección Freedom.

E-Books: Estos son las colecciones de libros electrónicos (a perpetuidad) que el consorcio ha contratado hasta la fecha. Colecciones de libros a las que todos sus miembros tienen derecho de

Scopus
[Acceso](#)

Scopus: Es un servicio exclusivamente de Elsevier que ofrece y búsqueda a resúmenes y citas a más de 15.000 publicaciones, con más de 31 millones de resúmenes y más de 10 años de citas bibliográficas, en las áreas científica, médica y técnica y publicadas por un selecto grupo de 4.000 editores, igualmente, es una herramienta que permite la medición, evaluación y factor de impacto de la producción científica. Búsqueda simultánea en Internet en 275 millones de páginas con contenido científico. Incluye también 21 millones de registros de patentes desde 5 oficinas de patentes. Link para todos los textos completos.

SpringerLink. Es un editor con más de 100 años de prestigio. Sus autores son altamente renombrados, incluyendo más de 150 ganadores del premio Nobel. La colección de publicaciones electrónicas de Springer incluye más de 2.500 publicaciones revisadas por pares, la mayoría con ejemplares anteriores a 1997.

Springer
[Acceso](#)

Características: Online First, permite ver artículos antes de que se publiquen en formato impreso.

Reference Linking: permite expandir la información del journal.

nature
[Acceso](#)

Nature: Revistade edición semanal, con un retrospectivo desde el 2015. Incluye 20 colecciones de libros electrónicos de 2017, que suman cerca de 9.500 títulos, ambos con acceso a perpetuidad.

Las áreas que contiene son: Administración y Negocios, Biomedicina y Ciencia de la Vida, Ciencia del comportamiento y Psicología, Ciencia política y relaciones internacionales, Ciencias de la Computación, Ciencias sociales, Economía y Finanzas, Energía, Educación, Física y Astronomía, Historia, Informática profesional y diseño web, Ingeniería, Ley y Criminología, Literatura, Cultura y Periodismo, Matemáticas, Medicina, Química y Ciencia de los Materiales, Religión y Filosofía, Tierra y Ciencias Ambientales.

6. Para garantizar mejores resultados en la búsqueda realizada en **Scopus**, se hace uso de la ecuación eficiente, obtenida de la capacitación virtual Elsevier, recibida el 02 de abril de 2020. Esta ecuación se ingresa en una matriz de Excel que permite ingresar 10 palabras claves que describen el tema de investigación, la cual utiliza el operador "**AND**", asegurando que las palabras ingresadas estarán en el resultado de la búsqueda.

Introduce hasta diez palabras clave que describan tu tema de investigación. Recuerda que una palabra clave es uno o más términos que refieren a un concepto. Si tu palabra clave tiene más de dos términos, ponla entre comillas.

1.	bioaugmentation
2.	composting
3.	
4.	
5.	
6.	
7.	
8.	
9.	
10.	

7. Luego se ingresan 5 sinónimos de las palabras clave en la matriz de Excel, que en la ecuación de búsqueda eficiente utiliza el operador "**OR**", garantizando que para cada palabra clave ingresada se ingresan 5 sinónimos que facilitan la búsqueda del tema a investigar.

Escribe hasta cinco sinónimos que correspondan a cada una de tus palabras clave.

	bioaugment, composting				
S1					
S2					
S3					
S4					
S5					

8. Continuando en la creación de la ecuación de búsqueda eficiente en Excel, la cual permite también ingresar 5 palabras que se desean excluir en la búsqueda, y que no aparecerán en los resultados del recurso multidisciplinario Scopus; esto se logra con el operador “**NOT**”.

Escribe hasta cinco palabras que desees excluir. Por ejemplo, si tu palabra clave es "sustainable development"

A1	manure		
A2	poultry		
A3	porcine		
A4	sewage sludge		
A5	polymers		

9. Una vez se ingresan las palabras claves, los sinónimos y los términos de exclusión en la ecuación de búsqueda eficiente, se obtiene una ecuación generalizada, que se utiliza en la búsqueda de la base de datos académica Scopus.

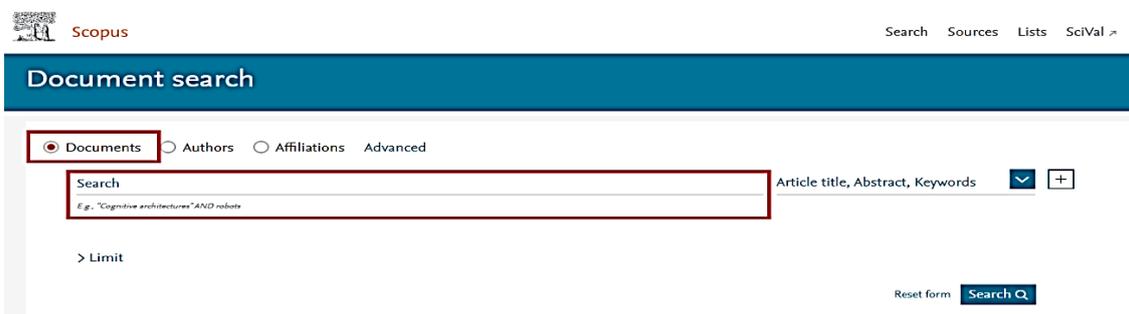
TÉRMINOS DE BÚSQUEDA

((bioaugmentation) AND NOT (manure OR poultry OR porcine OR sewage sludge OR polymers)) AND (composting)

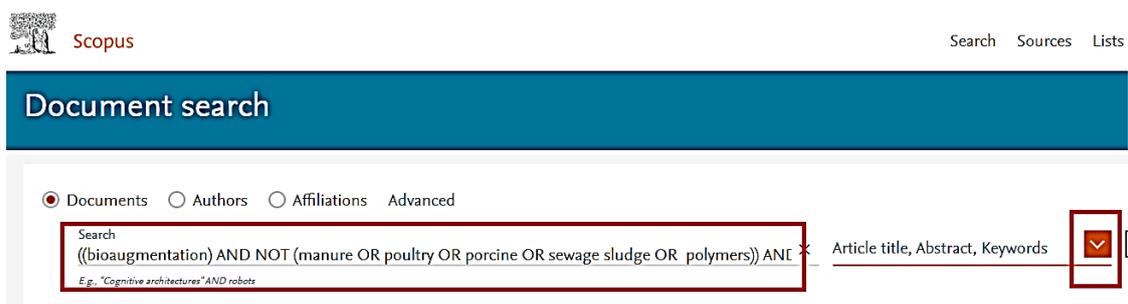
10. Se ingresa en el recurso multidisciplinario Scopus con el usuario y contraseña, según el perfil académico siendo para estudiantes, Mango (Módulo Académico Nacional de Gestión estudiantil Online), para profesores, Pera (Plataforma Educativa de Registro Académico docente), ó Uva (Unidad de Verificación y gestión Académico administrativa).



11. Se realiza la acción copiar (Ctrl + C) de la ecuación generalizada y se realiza la opción pegar (Ctrl + V), en la búsqueda documentos en Scopus.



12. Luego de pegar la ecuación de búsqueda eficiente en *Scopus*, se seleccionan los criterios de preferencia para realizar la búsqueda del tema a investigar, desplegando las opciones de filtro para el resultado por Article title, Abstract, Keywords, Authors, First autor, Source title, Affiliation, Funding Information, ISSN, CODEN, DOI, References, Conference, CAS number, ORCID.



Scopus Search Sources Lists SciVal >

Document search

Documents Authors Affiliations Advanced

Search
 ((bioaugmentation) AND NOT (manure OR poultry OR porcine OR sewage sludge OR polymers)) AND
 E.g., "Cognitive architectures" AND robots

Limit

Date range (inclusive)

Published All years to Present

Added to Scopus in the last 7 days

Article title, Abstract, Keywords

- All fields
- Article title, Abstract, Keywords
- Authors
- First author
- Source title
- Article title
- Abstract
- Keywords

13. El siguiente paso es seleccionar el rango de años en los que se desea obtener la publicación del tema a investigar.

Limit

Date range (inclusive)

Published 2014 to 2019

Added to Scopus in the last 7 days

14. Luego se filtra por el tipo de documento que arrojará el tema a investigar, desplegando las opciones que ofrece *Scopus*, entre las que están Article or Review, Article, Review, Book or Book Chapter, Book, Book Chapter, Article or Conference Paper, Conference Paper, Conference Review, Letter, Editorial, Note, Short Survey, Business Article or Press, Erratum, Data Paper.

Date range (inclusive)

Published 2014 to 2019

Added to Scopus in the last 7 days

Document type

- ALL
- Article or Review
- Article
- Review
- Book or Book Chapter
- Book
- Book Chapter
- Article or Conference Paper

Access type

All

15. Se elige el tipo de acceso del documento seleccionado en el paso 14, para la revisión y análisis de la investigación; finalmente se le da clic en Search, para obtener el resultado de todos los pasos descritos para la búsqueda en *Scopus*.

Documents Authors Affiliations Advanced

Search

((bioaugmentation) AND NOT (manure OR poultry OR porcine OR sewage sludge OR polymers)) AND "Cognitive architectures" AND robots

Article title, Abstract, Keywords

Limit

Date range (inclusive)

Published 2014 to 2019

Added to Scopus in the last 7 days

Document type

ALL

Access type

- All
- Open Access

Reset form Search Q

16. Con la información obtenida en la búsqueda con la ecuación eficiente, se procede a representar gráficamente los resultados arrojados, por medio del análisis que ofrece Scopus. Se le da clic en el enlace que dice *Analyze search results* para indagar en las opciones gráficas establecidas por este recurso multidisciplinario.

44 document results

ABS(((heavy AND metals)) AND NOT (manure OR poultry OR porcine OR sewage AND sludge OR polymers)) AND (composting)) AND DOCTYPE(ar) AND ACESSTYPE(OA) AND PUBYEAR >

Edit Save Set alert Set feed

Search within results...

Refine results
Limit to Exclude

Documents Secondary documents Patents

Analyze search results

All Export Download View citation overview View cited by Add to List

17. Las opciones gráficas ofrecidas por Scopus son: a) documentos por año y documentos por año fuente, representados en línea de tendencia, b) documentos por autor, por afiliación, por país/territorio y patrocinador financiero, representados en gráficas en forma de barras, c) documentos por área temática y documentos tipo seleccionado en la búsqueda (artículo), representado en gráfico circular.



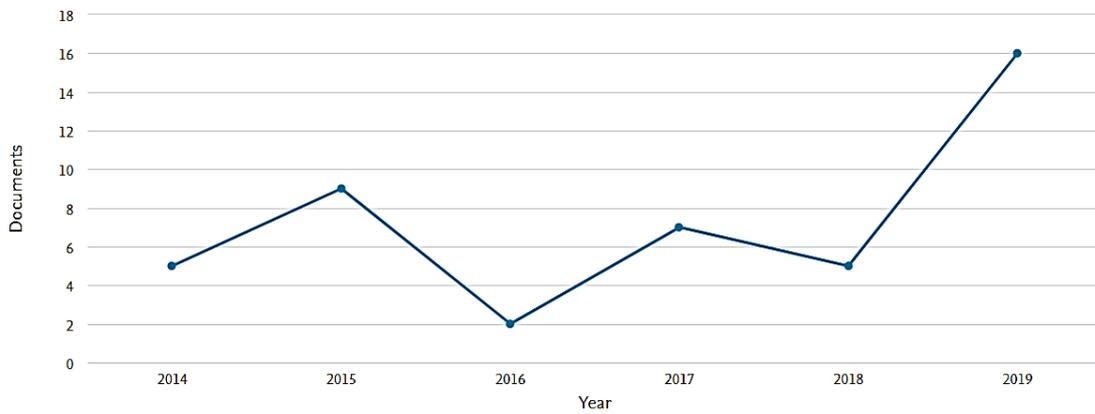
18. El gráfico seleccionado para representar la información se pueden exportar en los datos a un archivo CSV o el gráfico a un archivo zip, para ello se da clic en la opción Export, ubicada en la parte superior derecha del gráfico seleccionado.

Export Print Email

sludge OR polymers)) AND (composting)) AND DOCTYPE(ar) AND ACESSTYPE(OA) AND PUBYEAR > 2013 AND PUBYEAR < 2020

Select year range to analyze: 2014 to 2019 Analyze

Documents by year



Search Sources Lists SciVal Create account Sign in



Export Print Email

sludge OR polymers)) AND (composting)) AND DOCTYPE(ar) AND ACESSTYPE(OA) AND PUBYEAR > 2013 AND PUBYEAR < 2020

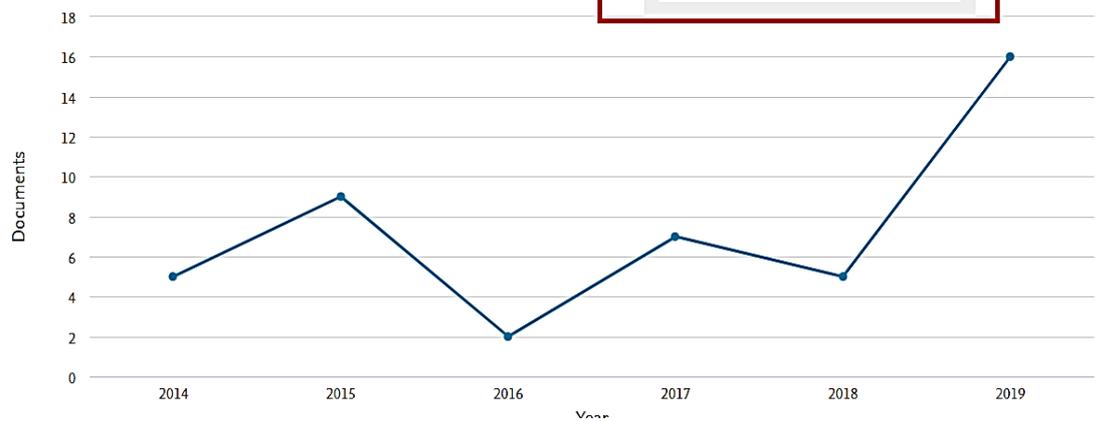
Select year range to analyze: 2014 to 2019 Analyze

Select an export method

Export the data to a CSV file
 Export the chart to a zip file

Export

Documents by year



ANEXO 8.3: BÚSQUEDA EN SCIENCE DIRECT

Para acceder a este recurso multidisciplinario electrónico que ofrece la Universidad Antonio Nariño, se deben llevar a cabo los siguientes pasos.

1. Ingresar por el navegador de preferencia a la página de la Universidad Antonio Nariño www.uan.edu.co



2. Dar clic en el icono servicios académicos, en la opción bibliotecas.



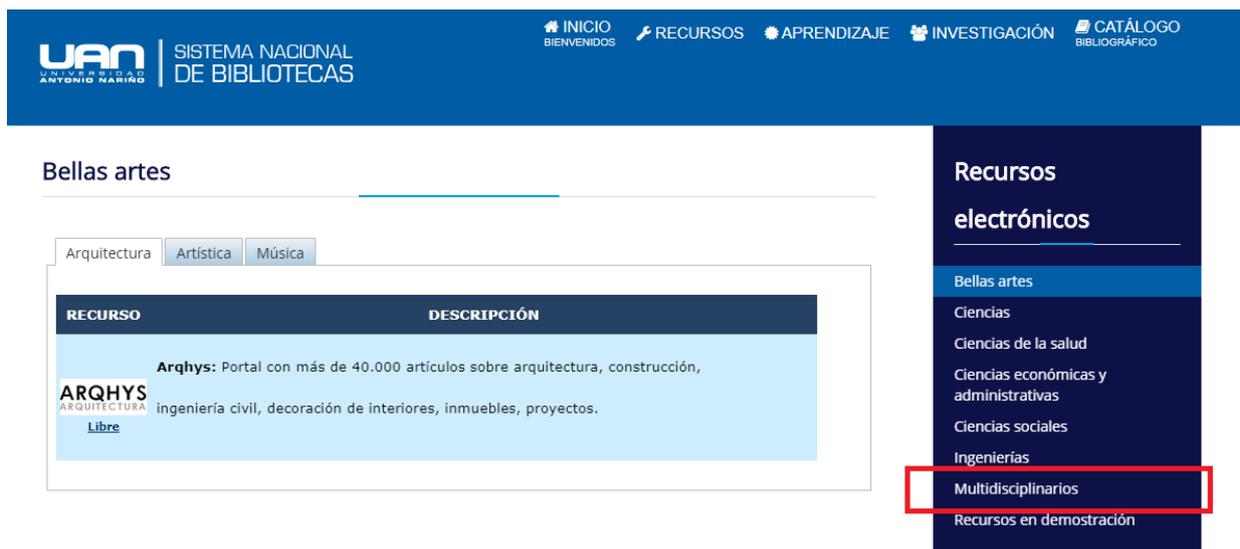
3. Se abre una pestaña en el navegador, dar clic en el icono recursos - recursos electrónicos.



☑ Nuestros servicios



4. Se abre una pestaña en el navegador, en donde el sistema nacional de bibliotecas Universidad Antonio Nariño, despliega los recursos ofrecidos, luego se le da clic en multidisciplinarios.



5. En la variedad de recursos multidisciplinarios ofrecidos por el sistema nacional de bibliotecas Uan, se da clic en la base de datos *Science Direct*.

Acceso

ScienceDirect: Es una colección multidisciplinar que ofrece al texto completo de más de 8 millones de artículos y a más de 59 mil de resúmenes de artículos de todos los campos de la ciencia. Dentro de esta plataforma, se tiene a dos productos. A las revistas y a los libros electrónicos o eBooks. Brinda únicamente local.

Journals: La colección llamada "FREEDOM" es la colección de revistas que contiene a su vez todos los títulos de revistas. Las llamadas "Subject Collection" que forman parte de la Colección Freedom.

E-Books: Estos son las colecciones de libros electrónicos (a perpetuidad) que el consorcio ha contratado hasta la fecha. Colecciones de libros a las que todos sus miembros tienen derecho de

ScienceDirect
Acceso

Scopus: Es un servicio exclusivamente de Elsevier que ofrece y búsqueda a resúmenes y citas a más de 15.000 publicaciones, con más de 31 millones de resúmenes y más de 10 años de citas bibliográficas, en las áreas científica, médica y técnica y publicadas por un selecto grupo de 4.000 editores, igualmente, es una herramienta que permite la medición, evaluación y factor de impacto de la producción científica. Búsqueda simultánea en Internet en 275 millones de páginas con contenido científico. Incluye también 21 millones de registros de patentes desde 5 oficinas de patentes. Link para todos los textos completos.

Scopus
Acceso

6. Para garantizar mejores resultados en la búsqueda realizada en *Science Direct*, se hace uso de la ecuación eficiente, obtenida de la capacitación virtual Elsevier, recibida el 02 de abril de 2020. Esta ecuación se ingresa en una matriz de Excel que permite ingresar 10 palabras claves que describen el tema de investigación, la cual utiliza el operador "AND", asegurando que las palabras ingresadas estarán en el resultado de la búsqueda.

Introduce hasta diez palabras clave que describan tu tema de investigación. Recuerda que una palabra clave es uno o más términos que refieren a un concepto. Si tu palabra clave tiene más de dos términos, ponla entre comillas.

1.	bioaugmentation
2.	composting
3.	
4.	
5.	
6.	
7.	
8.	
9.	
10.	

7. Luego se ingresan 5 sinónimos de las palabras clave en la matriz de Excel, que en la ecuación de búsqueda eficiente utiliza el operador "OR", garantizando que para cada palabra clave ingresada se ingresan 5 sinónimos que facilitan la búsqueda del tema a investigar.

Escribe hasta cinco sinónimos que correspondan a cada una de tus palabras clave.

	bioaugment, composting				
S1					
S2					
S3					
S4					
S5					

8. Continuando en la creación de la ecuación de búsqueda eficiente en Excel, la cual permite también ingresar 5 palabras que se desean excluir en la búsqueda, y que no aparecerán en los resultados del recurso multidisciplinario Scopus; esto se logra con el operador “**NOT**”.

Escribe hasta cinco palabras que desees excluir. Por ejemplo, si tu palabra clave es "sustainable development"

A1	manure		
A2	poultry		
A3	porcine		
A4	sewage sludge		
A5	polymers		

9. Una vez se ingresan las palabras claves, los sinónimos y los términos de exclusión en la ecuación de búsqueda eficiente, se obtiene una ecuación generalizada, que se utiliza en la búsqueda de *Science Direct*.

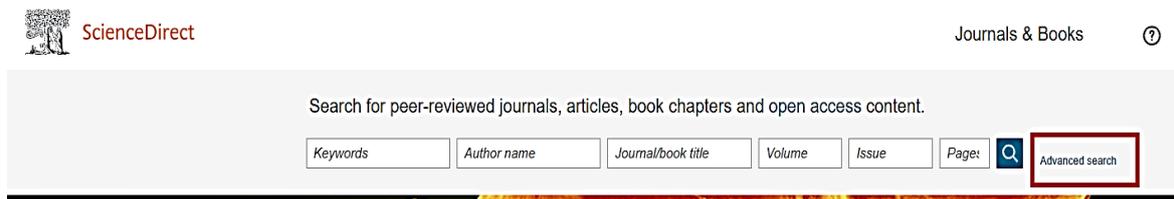
TÉRMINOS DE BÚSQUEDA

((bioaugmentation) AND NOT (manure OR poultry OR porcine OR sewage sludge OR polymers)) AND (composting)

10. Se ingresa en el recurso multidisciplinario *Science Direct* con el usuario y contraseña, según el perfil académico siendo Mango (Módulo Académico Nacional de Gestión estudiantil Online), Pera (Plataforma Educativa de Registro Académico docente), Uva (Unidad de Verificación y gestión Académico administrativa).



11. Se realiza la acción copiar (Ctrl + C) de la ecuación generalizada y se realiza la opción pegar (Ctrl + V), en la búsqueda avanzada en *Science Direct*.



12. La búsqueda avanzada de *Science Direct* establece consejos de búsqueda para un resultado más eficiente de revistas, en el tema a investigar, según el interés de búsqueda permitiendo seleccionar los filtros por: In this journal or book title, Year(s), Author(s), Author Affiliation, Title, abstract or author-specified keywords, Title, Volume(s), Issue(s), Page(s), ISSN or ISBN.

Find articles with these terms
((bioaugmentation) AND NOT (manure OR poultry OR porcine OR sewage sludge OR polymers)) AND (composting)

In this journal or book title Year(s)
2014-2019

Author(s) Author affiliation

Title, abstract or author-specified keywords

Title
composting

Volume(s) Issue(s) Page(s) ISSN or ISBN

References

13. Se selecciona el tipo de revista de interés para realizar la investigación en detalle del tema seleccionado. Estas revistas incluyen: Tipos de artículos, Artículos de revisión, Artículos de investigación, Enciclopedia, Capítulos de libros, Resúmenes de conferencias, Reseñas de libros, Informes de casos, Información de conferencias, Correspondencia, Artículos de datos, Discusión, Editoriales, Erratas, Exámenes, Mini revisiones, Noticias, Informes de patentes, Guías de práctica, Revisiones de productos, Estudios de replicación, Comunicaciones cortas, Publicaciones de software, Artículos de video.

Finalmente se le da clic en la opción Search para obtener el resultado de la búsqueda realizada en la base de datos académica *Science Direct*.

Article types ?

<input type="checkbox"/> Review articles	<input type="checkbox"/> Correspondence	<input checked="" type="checkbox"/> Patent reports
<input checked="" type="checkbox"/> Research articles	<input type="checkbox"/> Data articles	<input type="checkbox"/> Practice guidelines
<input type="checkbox"/> Encyclopedia	<input type="checkbox"/> Discussion	<input type="checkbox"/> Product reviews
<input type="checkbox"/> Book chapters	<input type="checkbox"/> Editorials	<input type="checkbox"/> Replication studies
<input type="checkbox"/> Conference abstracts	<input type="checkbox"/> Errata	<input checked="" type="checkbox"/> Short communications
<input type="checkbox"/> Book reviews	<input type="checkbox"/> Examinations	<input type="checkbox"/> Software publications
<input type="checkbox"/> Case reports	<input type="checkbox"/> Mini reviews	<input type="checkbox"/> Video articles
<input type="checkbox"/> Conference info	<input type="checkbox"/> News	<input type="checkbox"/> Other

Search

14. *Science Direct*, no ofrece la información obtenida en análisis gráfico. Según la opción seleccionada en el paso 13 (research article), la información se presenta en tipo de revista académica entre las que están: Tecnología Bioambiental, Gestión de Residuos, Biodeterioro y biodegradación internacional, Quimiosfera, Revista de Gestión Ambiental, Diario de materiales peligrosos, Degradación y estabilidad de polímeros, Ciencia del medio ambiente total, Diario de producción más limpia, Bioquímica de procesos.

Article type

Research articles (81)

Publication title

Waste Management (14)

Journal of Environmental Management (10)

Science of The Total Environment (8)

Bioresource Technology (7)

Journal of Hazardous Materials (5)

Journal of Cleaner Production (4)

Chemosphere (4)

Scientia Horticulturae (3)

Agriculture, Ecosystems & Environment (3)

Resources, Conservation and Recycling (3)

Show less ^

Access type

Open access (5)