

## JEFATURA DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN

### Título del Proyecto

PROTOTIPADO DE COMPOSTADOR ACELERADO DE RESIDUOS  
ORGÁNICOS

**Carrera(s):** INGENIERÍA AMBIENTAL, INGENIERÍA ELÉCTRICA, INGENIERÍA INDUSTRIAL,

### Director del Proyecto:

MANUEL SALVADOR ALVAREZ VERA; 0103414322; INGENIERÍA AMBIENTAL; UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN; MATRÍZ CUENCA

### Colaboradores del Proyecto

Juan Carlos Cobos Torres; 0103767125; Ingeniería Eléctrica; Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción; Matriz Cuenca.

Andrés Eduardo Cárdenas Sánchez; 0301832523; Ingeniería Industrial; Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción; Matriz Cuenca.

Marco Benito Reinoso AVECILLAS; 0102203759; Ingeniería Industrial; Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción; Matriz Cuenca.

Carlos Marcelo Matovelle Bustos; 0302013578; Ingeniería Ambiental; Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción; Matriz Cuenca.

**Código de Proyecto: PICCIITT19-30**

**Cuenca, junio de 2021**

**Versión 2.0**

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>A. DATOS GENERALES DEL PROYECTO .....</b>	<b>3</b>
1. TÍTULO.....	3
2. CARRERAS .....	3
3. MATRIZ, SEDE O EXTENSIÓN .....	3
<b>B. INVESTIGADORES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO .....</b>	<b>3</b>
4. PERSONAL DEL PROYECTO – DIRECTOR DE L PROYECYO .....	3
4.1. <i>Publicaciones con ISSN en los últimos 5 años de más alto nivel y cuartil de la revista:</i> .....	3
4.2. <i>Libros y capítulos de libro en los últimos 5 años.</i> .....	4
4.3. <i>Proyectos de Investigación desarrolladas en los últimos cinco años de mayor relevancia:</i> .....	4
5. PERSONAL DEL PROYECTO – COLABORADORES UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA.....	4
5.1. <i>Publicaciones con ISSN en los últimos 5 años de más alto nivel y cuartil de la revista:</i> .....	4
5.2. <i>Libros y capítulos de libro en los últimos 5 años.</i> .....	5
5.3. <i>Proyectos de Investigación desarrolladas en los últimos cinco años de mayor relevancia:</i> .....	5
6. PERSONAL DEL PROYECTO – COLABORADORES EXTERNOS .....	5
6.1. <i>Publicaciones con ISSN en los últimos 5 años de más alto nivel y cuartil de la revista:</i> .....	6
6.2. <i>Libros y capítulos de libro en los últimos 5 años.</i> .....	6
6.3. <i>Proyectos de Investigación desarrolladas en los últimos cinco años de mayor relevancia:</i> .....	6
<b>C. ESTUDIANTES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO.....</b>	<b>6</b>
7. PERSONAL DEL PROYECTO – ESTUDIANTES.....	6
<b>D. CENTRO DE INVESTIGACIÓN INVOLUCRADOS Y BENEFICIARIOS.....</b>	<b>6</b>
8. CENTRO Y GRUPO DE INVESTIGACIÓN .....	7
9. LÍNEA Y ÁMBITO DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL.....	7
10. CAMPO, DISCIPLINA Y SUBDISCIPLINA UNESCO .....	7
11. PROGRAMA: .....	7
12. TIEMPO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO.....	7
13. FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO .....	7
14. REQUIERE AVAL Y/O PERMISO DEL COMITÉ DE BIOÉTICA Y EL MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA.....	7
15. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....	8
<b>E. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA.....</b>	<b>8</b>
16. RESUMEN DEL PROYECTO .....	8
17. PALBARAS CLAVES .....	8
18. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN .....	8
19. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE.....	9
20. OBJETIVOS .....	10
21. ESPECÍFICOS.....	10
22. MARCO METODOLÓGICO.....	10
<b>F. IMPACTO DEL PROYECTO .....</b>	<b>12</b>
23. CONSIDERACIONES ÉTICAS DE LA PROPUESTA.....	12
24. RESULTADOS ESPERADOS DEL PROYECTO .....	12
25. TRANSFERENCIA Y DIFUSIÓN DE RESULTADOS .....	13
26. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	13
<b>G. ANEXOS.....</b>	<b>15</b>

## A. DATOS GENERALES DEL PROYECTO

<b>1. TÍTULO</b>
PROTOTIPADO DE COMPOSTADOR ACELERADO DE RESIDUOS ORGÁNICOS
<b>2. CARRERAS</b>
INGENIERÍA AMBIENTAL, INGENIERÍA ELÉCTRICA, INGENIERÍA INDUSTRIAL,
<b>3. MATRIZ, SEDE O EXTENSIÓN</b>
MATRIZ CUENCA

## B. INVESTIGADORES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO

<b>4. PERSONAL DEL PROYECTO – DIRECTOR DE L PROYECYO</b>	
Función en el proyecto	DIRECTOR DEL PROYECTO
Nombre, Cédula; Carrera; Unidad Académica; Sede o Extensión	
MANUEL SALVADOR ALVAREZ VERA; 0103414322; INGENIERÍA AMBIENTAL; UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN; MATRÍZ CUENCA	
4.1. Publicaciones con ISSN en los últimos 5 años de más alto nivel y cuartil de la revista:	
Título del artículo,; revista; ISSN; volumen; número; año; DOI; cuartil	
Incidence of the inoculation of beneficial microorganisms in the strawberry ( <i>Fragaria sp.</i> ) crop; Scientia Agropecuaria; 2306-6741; 9; 1; 2018; 10.17268/sci.agropecu.2018.01.04; 0.	
Potential of the flora of the province of Azuay (Ecuador) as a source of beneficial microorganisms; Scientia Agropecuaria; 2306-6741; 9; 4; 2018; 10.17268/sci.agropecu.2018.04.12; 0.	
Calidad de compost obtenido a partir de estiércol de gallina, con aplicación de microorganismos benéficos; Scientia Agropecuaria; 2306-6741; 10; 3; 2019; 10.17268/sci.agropecu.2019.03.05; Q4.	
Concentraciones de plomo (Pb) en cultivos de lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> ) en Azuay, Ecuador; Scientia Agropecuaria; 2306-6741; 10; 3; 2019; 2020; 10.17268/sci.agropecu.2019.03.13; Q4.	
Obtención de consorcios microbianos benéficos y su incidencia en la población microbiana nativa de la rizósfera de plantas de fresa ( <i>FRAGARIA SP.</i> ); Polo del Conocimiento; 2550-682X; 4; 11; 2019; 10.23857/PC.V4I11.1179; 0.	
Microorganismos benéficos MOBs obtenidos de plantas, como promotores en la germinación de semillas; Dominios de las Ciencias; 2477-8818; 5; 1; 2019; 10.23857/dc.v5i1.1064;0.	
Evaluación de la degradación de materia orgánica mediante técnicas de visión artificial y sensores; Revista Arbitrada Interdisciplinaria KOINONIA; 2542-3088; V; 9; 2020; 10.35381/r.k.v5i9.658;0.	

La incorporación de enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost reduce los efectos negativos del monocultivo en suelos; Scientia Agropecuaria; 2306-6741; 11; 1; 10.17268/sci.agropecu.2020.01.12; Q4.

El agua: Gravámenes sobre su contaminación; Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores; 2007-7890; VII; 38; 2020; 10.46377/dilemas.v35i1.2259; 0.

Viabilidad Financiera en la Producción de Microorganismos Benéficos Para el Tratamiento de Residuos Orgánicos: Caso Azogues – Ecuador; Sapientiae; 6; 1; 2020; 10.37293/sapientiae61.09; 0.

Hidrolización de plumas de pollos, mediante microorganismos: Una revisión; Dominio de las Ciencias; 2477-8818; 6; 3; 2020; 10.23857/dc.v6i3.1334; 0.

Biochar de biomasa residual de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) mediante dos métodos de pirólisis; Manglar; 2414-1046; 17; 2; 2020; 10.17268/manglar.2020.016;0.

Propuesta para la gestión integral de residuos sólidos fotovoltaicos en el Ecuador; Polo del conocimiento; 2550 - 682X; 5; 9; 2020; 10.23857/pc.v5i9.1733; 0.

#### 4.2. Libros y capítulos de libro en los últimos 5 años.

Título del libro o capítulo de libro; editorial; ISBN; número; año; revisión de pares (SI-NO)

#### 4.3. Proyectos de Investigación desarrolladas en los últimos cinco años de mayor relevancia:

Nombre del proyecto; Institución; Monto financiado; fecha de inicio; fecha de culminación.

Tratamiento de residuos del faenamiento de aves, con aplicación de microorganismos benéficos; Universidad Católica de Cuenca; 9.080,00; 20 de septiembre de 2019; 20 de junio de 2021.

### 5. PERSONAL DEL PROYECTO – COLABORADORES UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Función en el proyecto	COLABORADORES UCACUE
------------------------	----------------------

Nombre, Cédula; Carrera; Unidad Académica; Sede o Extensión

Juan Carlos Cobos Torres; 0103767125; Ingeniería Eléctrica; Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción; Matriz Cuenca.

Andrés Eduardo Cárdenas Sánchez; 0301832523; Ingeniería Industrial; Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción; Matriz Cuenca.

Marco Benito Reinoso Avecillas; 0102203759; Ingeniería Industrial; Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción; Matriz Cuenca.

Carlos Marcelo Matovelle Bustos; 0302013578; Ingeniería Ambiental; Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción; Matriz Cuenca.

#### 5.1. Publicaciones con ISSN en los últimos 5 años de más alto nivel y cuartil de la revista:

Título del artículo,; revista; ISSN; volumen; número; año; DOI; cuartil

Measuring heart and breath rates by image photoplethysmography using wavelets technique; IEEE Latin America Transactions; 1548-0992; 15; 10; 10.1109/TLA.2017.8071228; Q3.

Non-contact, simple neonatal monitoring by photoplethysmography; sensors; 1424-8220; 18; 12; 10.3390/s18124362; Q2.

Problem-Based Learning for an Electrical Machines Course; International Journal of Emerging Technologies in Learning (ijET); 15, 22; 10.3991/ijet.v15i22.16871; Q2.

Production of Energy in the Villonaco Wind Farm in Ecuador; Revista 2018 World Engineering Education Forum-Global Engineering Deans Council (WEEF-GEDC); 0000; 1; 1; 2018; 10.1109/WEEF-GEDC.2018.8629596; Q3.

5.2. Libros y capítulos de libro en los últimos 5 años.

Título del libro o capítulo de libro; editorial; ISBN; número; año; revisión de pares (SI-NO)

La arquitectura adaptativa, una visión integral de la obra arquitectónica sustentable; CEDinter; 978-980-433-011-7; 23; 2020; Si.

Ecuador Perspectives of the Past, Present and Future: A Multi-Criteria Approach to Social Evolution (Chapter: Environmental and Energy Aspects of Social Housing); Nova; 978-1-53619-373-2; 1; 2021; Si.

Logística para ingenieros industriales; editorial UCACUE; 9789942270665; 00; 2017; SI.

5.3. Proyectos de Investigación desarrolladas en los últimos cinco años de mayor relevancia:

Nombre del proyecto; Institución; Monto financiado; fecha de inicio; fecha de culminación.

Juan Carlos Cobos Torres; Robótica aplicada a la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos. RoboCity2030-III-CM (Fase III; S2013 / MIT-2748); Programas de Actividades I+D en la Comunidad de Madrid y cofinanciado por los Fondos Estructurales de la Unión Europea; 740.952,48 Euros; 1 de octubre de 2014; 1 de octubre de 2018.

Juan Carlos Cobos Torres; Strategic Action in Robotics, Computer Vision and Automation 2012/00605/002; Universidad Carlos III de Madrid; 30.000 Euros; 1 de enero de 2014; 31 de diciembre de 2018.

Juan Carlos Cobos Torres; OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE RECAUDO EN UNIDADES DE TRANSPORTE URBANO; Universidad Católica de Cuenca; 15.000 Dólares; 7 de agosto de 2018; 31 de agosto de 2021.

Juan Carlos Cobos Torres; MAPEO DE LA CALIDAD DEL AREA NIVEL PARANASAL MEDIANTE IOT; Universidad Católica de Cuenca; 20.000 Dólares; 01 de septiembre de 2020; 30 de marzo de 2022.

Juan Carlos Cobos Torres; SECUESTRADOR DE CARBONO MEDIANTE ENERGÍAS RENOVABLES; Universidad Católica de Cuenca; 20.000 Dólares; 01 de septiembre de 2020; 30 de marzo de 2022.

Juan Carlos Cobos Torres; Modelado y Moldura Nasoalvear Pre-Pos Quirúrgica; Universidad Católica de Cuenca; 20.000 Dólares; 01 de septiembre de 2020; suspendido por Covid.

## 6. PERSONAL DEL PROYECTO – COLABORADORES EXTERNOS

Función en el proyecto	COLABORADORES EXTERNOS
------------------------	------------------------

Nombre, Institución
Edison Hernán Encalada Ríos; Empresa Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Gualaceo Diana Fernanda Banegas Sanmartín; Empresa Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Gualaceo
6.1. Publicaciones con ISSN en los últimos 5 años de más alto nivel y cuartil de la revista:
Título del artículo,; revista; ISSN; volumen; número; año; DOI; cuartil
6.2. Libros y capítulos de libro en los últimos 5 años.
Título del libro o capítulo de libro; editorial; ISBN; número; año; revisión de pares (SI-NO)
6.3. Proyectos de Investigación desarrolladas en los últimos cinco años de mayor relevancia:
Nombre del proyecto; Institución; Monto financiado; fecha de inicio; fecha de culminación.

### C. ESTUDIANTES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO

<b>7. PERSONAL DEL PROYECTO – ESTUDIANTES</b>	
Función en el proyecto	ESTUDIANTES COLABORADORES EN EL PROYECTO
Nombre; Cédula; Carrera; Unidad Académica; Sede o Extensión	
Jorge Emilio Torres Solorzano; 0106063415; Ingeniería Industrial; Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción; Matriz Cuenca.	
Luis Eduardo Zambrano Heras; 0105289862; Ingeniería Industrial; Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción; Matriz Cuenca.	
Bryam Paúl Álvarez Tapia; 0106775422; Ingeniería Ambiental; Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción; Matriz Cuenca.	
Karen Valeria Cobos Cajamarca; 1400960728; Ingeniería Ambiental; Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción; Matriz Cuenca.	

### D. CENTRO DE INVESTIGACIÓN INVOLUCRADOS Y BENEFICIARIOS

### 8. CENTRO Y GRUPO DE INVESTIGACIÓN

Centro de Investigación CIIT

Grupo de Investigación INGENIERÍA AMBIENTAL, INGENIERÍA ELÉCTRICA, INGENIERÍA INDUSTRIAL,

### 9. LÍNEA Y ÁMBITO DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL

Para información sobre las líneas de investigación dirigirse al enlace [Líneas y Ámbitos de Investigación Institucionales](#),

**Línea de Investigación:** Territorios, Naturalezas y Tecnología

**Ámbito de Investigación:** Sustentabilidad y Territorio

### 10. CAMPO, DISCIPLINA Y SUBDISCIPLINA UNESCO

Código del campo y de la disciplina según UNESCO en el enlace [SKOS](#)

Campo	33	Disciplina	3308	Sub disciplina	330807
-------	----	------------	------	----------------	--------

### 11. PROGRAMA:

En caso de que el proyecto sea parte de un programa.

### 12. TIEMPO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Duración del proyecto en meses 12

### 13. FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO

Monto total del financiamiento proyecto \$ 8812

### 14. REQUIERE AVAL Y/O PERMISO DEL COMITÉ DE BIOÉTICA Y EL MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA

NO

**Justificación:** No se trabajará con ningún tipo de ser vivo.

## 15. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Descripción Beneficiarios Directos

Investigadores vinculados al proyecto

Alumnos de la Carrera de Ambiental

Alumnos de la Carrera de Eléctrica

Alumnos de la Carrera de Industrial

Municipios

## E. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

### 16. RESUMEN DEL PROYECTO

En los sitios de disposición final los procesos biológicos de degradación de la materia orgánica conllevan a la generación de metano, gas 21 veces más contaminante que el dióxido de carbono y principal responsable del efecto invernadero. Los residuos orgánicos pueden ser segregados en la fuente y aprovechados para transformar en material estable con características nutritivas para el suelo, denominado compost, no obstante, este proceso trae consigo presencia de moscas, olores desagradables y el tiempo requerido para su estabilización llega a 90 días. Este proyecto multidisciplinario busca diseñar y construir una compostera automatizada para tratar los residuos orgánicos dentro de un proceso continuo, y en periodos cortos obtener compost con alta concentración de carga microbiana y nutrientes beneficiosos para el desarrollo de las plantas, sin liberación de malos olores ni presencia de vectores. En primera instancia se diseñará un prototipo automatizado basado en los parámetros fundamentales de degradación de la materia orgánica, se realizará la modelación para establecer el funcionamiento y rendimiento del equipo, posteriormente se construirá un prototipo en el que se realizará las pruebas básicas de degradación de la materia orgánica. Con este equipo se espera transformar los residuos orgánicos in situ en periodos de 5 a 15 días, evitando egresos económicos por transporte de residuos, reduciendo emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente, contribuyendo así a mitigar el cambio climático debido a los efectos adversos generados por la putrefacción de la materia orgánica, además se obtendrá un abono para recuperar los suelos degradados y contribuir a la producción de alimentos.

### 17. PALBRAS CLAVES

Residuos sólidos, abono, compostaje acelerado, prototipado, gestión residuos orgánicos.

### 18. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

La gestión de los residuos sólidos urbanos es un problema mundial y lo enfrentan todos los países en desarrollo (Srivastava et al., 2015), los desechos sólidos municipales (RSU) en constante aumento se están convirtiendo en un problema grave de contaminación de las ciudades (Gui et al., 2019). El tratamiento de los residuos orgánicos domésticos en su origen puede ayudar a reducir drásticamente el problema de los residuos (Sailesh & Shinde, 2015), una opción viable, amigable con el ambiente, es el compostaje de residuos orgánicos. En nuestro medio la generación per cápita de residuos domiciliarios es 0,80 kg.hab.día, de estos

más del 50% está constituido por materia orgánica susceptible a degradación, mediante el proceso de compostaje. El tiempo requerido para la transformación completa de la materia puede llegar hasta 180 días, lo cual depende de factores tales como la humedad, temperatura, relación carbono nitrógeno y concentración de microorganismos. Resulta imprescindible acortar el periodo de compostaje, que permitiría aprovechar la materia generada y evitar sea desechada, por lo tanto, disminuir la generación de gases no deseados. La producción convencional de compost no permite controlar adecuadamente los diferentes parámetros involucrados en el proceso, por lo tanto, se tiene presencia de lixiviados, malos olores y vectores, que es una limitante para tratar los residuos a nivel de domicilios y mercados. Es común observar en los sitios de tratamiento de residuos orgánicos la presencia de ratas que acuden en busca de alimento o guarida, lo cual es completamente desagradable y restrictivo para implementar el proceso. Se requiere por lo tanto un equipo automatizado, moderno, funcional, versátil, que permita controlar todo el proceso y en tiempos cortos obtener un compost de excelente calidad para aprovechar como materia prima los residuos considerados basura. Debido a la naturaleza extraña de los materiales y al procedimiento general, junto con el espacio requerido y los olores emitidos, se requiere que las infraestructuras y maquinaria de compostaje se instalen lejos de las áreas residenciales, lo que hace que la supervisión sea una tarea muy tediosa (Nikoloudakis et al., 2018). En países desarrollados existen máquinas que facilitan el proceso, las que requieren una gran inversión económica. En Ecuador prácticamente no existe un equipo de compostaje acelerado, el proceso se realiza de manera manual, con palas, rastrillos o cualquier otro tipo de herramienta que conlleva a dificultades para obtener un compost de excelente calidad.

## 19. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

### Gestión de residuos sólidos urbanos

La gestión de residuos sólidos es un gran desafío en los países en desarrollo debido principalmente a factores como el aumento de la población, la pobreza y la falta de una inversión adecuada por parte de los respectivos gobiernos (Jara-Samaniego et al., 2017), si no gestionan correctamente representan fuentes de contaminación para el aire, agua y suelo. La correcta disposición de los residuos generados por las actividades humanas es uno de los desafíos prevalentes que enfrenta el mundo hacia un desarrollo sostenible (Oliveira et al., 2017), pero presenta grandes desafíos. La falta de sitios adecuados y el alto costo del tratamiento de residuos han persuadido a muchos municipios a implementar una política de gestión integral de residuos, que incluye medidas como, reducción de fuentes, reutilización, reciclaje, compostaje y disposición final en vertedero (Oliveira et al., 2017), vermicompostaje y pirólisis, no obstante cada tratamiento presenta ventajas y limitaciones. El compostaje doméstico tiene un mayor potencial para reducir las emisiones de dióxido de carbono equivalente por masa de residuos compostados en comparación con las plantas de compostaje (Oliveira et al., 2017).

La participación ciudadana en los programas de reciclaje y gestión de residuos es fundamental para lograr la sostenibilidad ambiental (Wu et al., 2019). En la mayoría de los países en desarrollo, los desechos se esparcen en los centros urbanos o se eliminan de manera no planificada en áreas bajas o en vertederos abiertos (Srivastava et al., 2015), inclusive son depositados directamente en ríos, quebradas o sitios baldíos, conllevan a contaminación y presencia de vectores. Del total de residuos generados en nuestro medio, el mayor porcentaje representa la materia orgánica. El material biodegradable, compuesto principalmente de residuos de alimentos, representa entre el 40 % y el 70 % en peso de los residuos sólidos urbanos (RSU) en los países en desarrollo (Wei et al., 2017).

### Compostaje

El compostaje es un proceso microbiológico aeróbico facilitado por bacterias y hongos (Partanen et al., 2010), representa la opción más común para recuperar material de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, debido a la posibilidad de utilizar compost como fertilizante (Cesaro et al., 2015), es una forma eficiente y eficaz de convertir los desechos orgánicos sólidos en fertilizantes, que podrían devolverse a las tierras agrícolas y, al mismo tiempo, mitigar las contaminaciones (Chen et al., 2020). El compostaje, si se realiza correctamente, puede constituir un método viable para la gestión de residuos orgánicos en nuestros países, debido a su bajo costo operativo y la generación de ingresos, con bajo impacto ambiental (Jara-Samaniego et al., 2017). El compostaje doméstico (HC) se ha convertido en una consideración cada vez más importante en el marco de la gestión sostenible de residuos orgánicos municipales (MOW) en los países en desarrollo (Loan et al., 2019).

El compostaje doméstico puede ser una forma eficaz de reducir el volumen de residuos sólidos urbanos (Fan et al., 2016), ayuda a las personas y familias a reducir la cantidad de desechos domésticos al mismo tiempo

que obtienen un material fertilizante (compost) de excelente calidad para jardines o huertos (Vázquez & Soto, 2017), las prácticas exitosas en varios países europeos sugieren que el compostaje separado en origen presenta muchas ventajas sobre el compostaje separado mecánicamente (Wei et al., 2017).

El compostaje de la materia orgánica sigue diferentes vías metabólicas tales como; mineralización, humificación o degradación parcial, ya sea por respiración aerobia, anaerobia o por fermentación (Pastor Fernández, 2019). En un proceso bien gestionado, estas vías metabólicas provocan que un 50% de la materia orgánica biodegradable se convierta en agua, dióxido de carbono, minerales y energía. De la materia orgánica restante el 20% se somete a transformaciones metabólicas generando sustancias húmicas y el 30 % restante se degrada parcialmente en procesos aeróbicos y anaeróbicos generando moléculas orgánicas menos complejas. La disminución de la materia orgánica puede variar entre el 30% y el 60% y está afectado por el sistema de compostaje, la calidad de la materia orgánica inicial, la duración del proceso, el tamaño de la partícula, la relación Carbono Nitrógeno y el control de la temperatura (Montero, 2006), esto se puede ver esquematizado en la Figura 1. Este proceso resulta muy útil ya que no solo nos permite obtener un producto fertilizante como es el compost, sino que también permite reducir significativamente el espacio que requiere las instalaciones de gestión de residuos.

#### Proceso de Compostaje

El proceso de compostaje empieza en el momento en el que los diferentes tipos de materia orgánica se mezclan y se apilan juntos. Durante el proceso se genera agua, minerales, dióxido de carbono y la materia orgánica estabilizada. A partir de ese momento, se desarrollan distintas poblaciones microbianas, las cuales están relacionadas directamente con la temperatura que se encuentra el compost y también de los compuestos que la componen (Insam & De Bertoldi, 2007). La diversidad microbiana y la sucesión de las mismas es un requisito fundamental para asegurar una biodegradación óptima (Rebollido et al., 2008). Los principales microorganismos colonizadores del total de la materia orgánica son bacterias correspondientes al 44.6%, seguidas de actinomicetos con el 32.3 % y hongos con un porcentaje del 23,1%. En función de estas poblaciones y su desarrollo, se distinguen tres fases en el proceso de compostaje.

#### Compostaje automatizado

Considera fundamentalmente la independencia del proceso limitando la presencia de mano de obra y controlando adecuadamente todos los parámetros básicos de compostaje (Temperatura, humedad, concentración de oxígeno y carga microbiana), con reducción y control de emisiones contaminantes. La maquinaria de compostaje automático es una nueva idea prometedora, pero aún no puede sustituir la perspicacia de un supervisor humano (Nikoloudakis et al., 2018). Este sistema se basa en el diseño interno y el control automatizado y optimizado de todos los parámetros operativos (Elalami et al., 2019).

## 20. OBJETIVOS

Desarrollar un equipo semi-industrial de compostaje acelerado mediante un trabajo interdisciplinario e investigación aplicada para compostar los residuos orgánicos en condiciones aerobias en tiempos reducidos.

## 21. ESPECÍFICOS

1. Diseñar un sistema de compostaje automático mediante software, hardware open source y prototipado para contar con un sistema que permita obtener compost en un tiempo reducido.
2. Construir el sistema de compostaje automático mediante un prototipo experimental para validar su funcionamiento y eficiencia en el compostaje acelerado de residuos orgánicos.
3. Validar el sistema de compostaje mediante el análisis de parámetros indicados para determinar la calidad del compost y el tiempo del proceso.

## 22. MARCO METODOLÓGICO

Este proyecto de investigación-acción, plantea un estudio con enfoque cuantitativo de alcance correlacional que consta de las siguientes etapas:

Revisión bibliográfica: se desarrollará el análisis y síntesis de datos e información relevante, disponible en investigaciones científicas publicadas en revistas de impacto sobre el proceso de producción aeróbico de

compost acelerado a partir de desechos orgánicos, que permita comprender con precisión el proceso y las últimas tecnologías aplicables. La revisión bibliográfica involucrará una caracterización de los residuos a procesar, el volumen y frecuencia de generación, así como los riesgos y oportunidades en asociación.

Modelado del proceso de compostaje de descomposición aeróbica acelerado: a partir del conocimiento previo, se utilizará el método gráfico de modelado funcional IDEF. El modelo digital del proceso permitirá precisar y documentar: entradas, salidas, controles, recursos y las interacciones entre los subprocesos.

Diseño del prototipo: el prototipo se diseñará para operación estable a plena carga y bajo las siguientes consideraciones ingenieriles: 1) modelamiento del proceso de compostación acelerado IDEF; 2) capacidad deseada del equipo: 50 kg/día; 3) proceso de alimentación continua triturando en partículas de 1 a 5 cm., 4) proceso con inoculación acelerada por etapas; 5) tipología del material orgánico a procesar; 6) proceso de operación automático; 7) mecanismos resistentes a la humedad, lixiviados y a la acción de los agentes atmosféricos; 8) tiempo de ciclo óptimo; 9) proceso térmicamente estable máximo a 70 °C; y, 10) separación de materiales en diferente etapa. El diseño 3D y simulación del equipo se realizará utilizando el software de diseño asistido por computadora SolidWorks. Las especificaciones técnicas de cada pieza y/o subensamble se generarán en planos 2D y 3D derivados del diseño en SolidWorks.

Presupuesto: con el prototipo digital y las características técnicas de cada pieza y/o componente se generará un presupuesto de costos y un cronograma de ejecución presupuestaria para la construcción del prototipo y del equipo industrial, mismo que será revisado y aprobado por las instancias correspondientes. Se gestionará cofinanciamiento externo (mediante convenio) para la construcción del prototipo y del equipo industrial.

Construcción del prototipo de compostera aeróbica: la construcción de los componentes mecánicos se logrará por contratación, en tanto que, los demás sistemas se construirán bajo administración directa. La compostera estará integrada por sistemas: mecánico, eléctrico, electrónico, ventilación e hidráulico. El sistema mecánico involucrará los subsistemas de: alimentación, trituración, mezclado, maduración y descarga. El sistema eléctrico y electrónico comprenderá subsistemas de: alimentación o carga, motriz de baja velocidad, procesamiento, sensores, mandos y control. El sistema de ventilación integrará los subsistemas de alimentación y extracción de aire. El sistema hidráulico involucrará los subsistemas de: hidratación, inoculación y extracción de lixiviados.

Prueba y validación del funcionamiento prototipo: la observación y la medición serán los métodos empíricos a utilizar para la prueba y validación interna del funcionamiento de los sistemas mecánico, eléctrico, electrónico e hidráulico. Se generarán registros del proceso de prueba, ajustes y validación del equipo.

Diseño de las condiciones de operación: se aplicarán métodos estadísticos de investigación experimental que permitan manipular intencionadamente las variables (físicas y químicas) independientes del sistema y medir su efecto en la variable dependiente. Las variables independientes a considerar serán: tamaño de la partícula, humedad, aireación, temperatura, tiempo, mezclado y relación C/N, contenido de oxígeno y pH. Las variables dependientes (que determinan la calidad de la composta) a ser evaluadas serán: olor, coloración, temperatura de descarga contenido de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K).

Determinación del tamaño del equipo industrial: el tamaño del equipo industrial (Ton. /mes) se establecerá mediante métodos estadísticos descriptivos e inferenciales, a partir de los cuales se establecerá la demanda actual y estimación futura de procesamiento de residuos orgánicos, definido dentro del ámbito de desarrollo del proyecto.

Diseño de la compostera industrial: el diseño del equipo industrial será el resultado de escalar el diseño del prototipo validado utilizando el software SolidWorks. La capacidad de procesamiento a lograr será la especificada en el estudio del tamaño de la compostera industrial.

Construcción de la compostera semi-industrial: la construcción de los componentes será por contratación, en tanto que, los demás sistemas se construirán bajo administración directa. Los sistemas, sub ensambles y piezas de la compostera industrial, serán el resultado de escalar los correspondientes del prototipo validado.

Prueba y validación del funcionamiento de la compostera semi-industrial: la observación y la medición serán los métodos empíricos a utilizar para la prueba y validación del funcionamiento de los sistemas mecánico, eléctrico, electrónico e hidráulico. Se generarán registros del proceso de prueba, ajustes y validación del equipo industrial.

Diseño de las condiciones de operación de la compostera semi-industrial: se replicarán los métodos estadísticos de diseño experimental aplicados para el prototipo. La calidad de la composta se evaluará en función del análisis de las variables: olor, color, temperatura de descarga y contenido de N, P, K. La liberación

del producto terminado obedecerá a métodos estadísticos descriptivos e inferenciales de muestreo y criterios de calidad que permitirán decidir sobre la aceptación (composta biológicamente estable) o rechazo (composta biológicamente inestable) del lote de producto terminado.

Construcción del manual de operación de la compostera semi-industrial: por medio del método descriptivo se definirán las condiciones necesarias para: la puesta a punto del equipo (set-up), la operación segura, parada y mantenimiento. Se involucrará en este acápite la determinación de indicadores económicos y financieros asociados al proyecto.

El desarrollo de la investigación conforme a la metodología declarada, requerirá disponer de: acceso a bases de datos científicas y repositorios digitales; software para diseño: mecánico (SolidWorks/ Inventor), eléctrico-electrónico e hidráulico; software (CAD-CAM-CAE) y equipos para impresión aditiva 3D; instrumentos de medición de la presencia de elementos químicos (N, P, K, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y pH), gestor bibliográfico, hoja electrónica y procesador de textos.

## **F. IMPACTO DEL PROYECTO**

---

### **23. CONSIDERACIONES ÉTICAS DE LA PROPUESTA**

El desarrollo de la investigación no atenta a ninguna forma de vida, se apega a los aspectos éticos y el profesionalismo de cada uno de los integrantes del proyecto de investigación, se sustenta en una sólida formación académica y responsabilidad de docentes comprometidos con la investigación y la generación de nuevos conocimientos. Este proyecto de investigación tiene gran relevancia social, puesto que procura solucionar uno de los problemas más urgentes que afrontan todas las sociedades del mundo, como lo es la disposición final de los residuos sólidos, particularmente los residuos sólidos orgánicos, que representan fuentes de contaminación, con lleva a la presencia de vectores, además contamina el agua, aire y suelo. El desarrollo de la propuesta investigativa no afecta negativamente a ningún ser vivo, no amenaza el estado natural de la flora y fauna, no representa riesgos ni amenazas para el medio ambiente ni su entorno. En el desarrollo de esta investigación se cumplirá todos los aspectos técnicos, apegados completamente a la metodología planificada, no involucra ensayos con ningún tipo de ser vivo, no representa riesgos para la salud de las personas, se desarrollará completamente apegado a la ética profesional y responsabilidad social.

### **24. RESULTADOS ESPERADOS DEL PROYECTO**

Al concluir con la ejecución de este proyecto de investigación esperamos contar con los siguientes resultados:

Basta información inherente al proceso de compostaje: factores que inciden en la transformación de la materia orgánica (relación C/N, humedad, temperatura, carga microbiana), funcionamiento de compostadores automatizados en otros países, eficiencia del sistema de compostaje acelerado; toda esta información será sustento bibliográfico para elaborar los manuscritos y propuestas de publicación.

Un diseño de compostaje automatizado mediante software, hardware open source y prototipado, de tal manera que permita en tiempos reducidos, procesar la materia orgánica recolectada en el medio y transformar en un material estable para aplicar en los cultivos, como fuente de nutrientes.

Un prototipo para experimentar la degradación de la materia orgánica, equipo en el que se pueda controlar de forma automática la temperatura, humedad, carga microbiana, generación de lixiviados, emanación de gases y rendimiento del proceso.

Mediante análisis de laboratorio, determinar la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos, en el que se considere fundamentalmente: el contenido de macro y micro nutrientes, carga microbiana (unidades formadoras de colonias de microorganismos benéficos para el suelo), relación carbono nitrógeno, temperatura, color, ph y conductividad eléctrica.

## 25. TRANSFERENCIA Y DIFUSIÓN DE RESULTADOS

Se espera transferir los resultados obtenidos mediante:

Participación y asimilación por parte de los estudiantes tanto de pregrado como de postgrado con conocimientos en electricidad, electrónica, automatización, energías renovables entre otros mejorando el nivel de formación y ayudando a la inserción laboral.

Dos publicaciones en las revistas a continuación detalladas.

## 26. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Nikoloudakis Y, Panagiotakis S, Manios T, Markakis E, Pallis E. Composting as a service: A real-world IoT implementation. *Futur Internet*. 2018;10(11):1-15.
2. Lozada Vines EA. Estudio de Volteadoras Para Mejorar la Producción De Compost en la Floricultora Nevado Ecuador de la Parroquia Mulalillo [Internet]. Repo.Uta.Edu.Ec. Universidad Técnica de Ambato; 2013. Available from: <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/5301/Mg.DCEv.Ed.1859.pdf?sequence=3>
3. Jara-Samaniego J, Pérez-Murcia MD, Bustamante MA, Pérez-Espinosa A, Paredes C, López M, et al. Composting as sustainable strategy for municipal solid waste management in the Chimborazo Region, Ecuador: suitability of the obtained composts for seedling production. *J Clean Prod* [Internet]. 2017;141:1349-58. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.178>
4. Oliveira LSBL, Oliveira DSBL, Bezerra BS, Pereira B de S, Battistell RAG. Environmental analysis of organic waste treatment focusing on composting scenarios. *J Clean Prod* [Internet]. 2017;155:229-37. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.093>
5. Wu W-N, Liu L-Y, Brough C. No time for composting : Subjective time pressure as a barrier to citizen engagement in curbside composting. *Waste Manag* [Internet]. 2019;91:99-107. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.04.057>
6. Srivastava V, Ismail SA, Singh P, Singh RP. Urban solid waste management in the developing world with emphasis on India : challenges and opportunities. *Rev Env Sci Biotechnol*. 2015;14:317-37.
7. Wei Y, Li J, Shi D, Liu G, Zhao Y, Shimaoka T. Resources, Conservation and Recycling Environmental challenges impeding the composting of biodegradable municipal solid waste : A critical review. *Resour Conserv Recycl* [Internet]. 2017;122:51-65. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.01.024>
8. Partanen P, Hultman J, Paulin L, Auvinen P, Romantschuk M. Bacterial diversity at different stages of the composting process. *BMC Microbiol*. 2010;10(94).
9. Cesaro A, Belgiorio V, Guida M. Compost from organic solid waste: Quality assessment and European regulations for its sustainable use. *Resour Conserv Recycl*. 2015;94:72-9.
10. Chen T, Zhang S, Yuan Z. Adoption of solid organic waste composting products : A critical review. *J Clean Prod* [Internet]. 2020;272:122712. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122712>
11. Loan LTT, Takahashi Y, Nomura H, Yabe M. Modeling home composting behavior toward sustainable municipal organic waste management at the source in developing countries. *Resour Conserv Recycl* [Internet]. 2019;140:65-71. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.08.016>
12. Fan Y Van, Lee CT, Kleme JJ, Chua LS, Sarmidi MR, Leow CW. Evaluation of Effective Microorganisms on home scale organic waste composting. *J Environ Manage*. 2016;41-8.
13. Vázquez MA, Soto M. The efficiency of home composting programmes and compost quality. *Waste Manag*. 2017;64:39-50.
14. Pastor Fernández C. Proyecto de Diseño de un Biorreactor para la Producción de Compost a partir de Biorresiduos [Internet]. UNIVERSITAT JAUME I; 2019. Available from: <http://repositori.uji.es/xmlui/handle/10234/183933>
15. Montero JE. Diseño de una máquina volteadora de compost. Universidad Austral de Chile; 2006.

16. Insam H, De Bertoldi M. Chapter 3 Microbiology of the composting process. *Waste Manag Ser.* 2007;8:25–48.
17. Rebolledo R, Martínez J, Aguilera Y, Melchor K, Koerner I, Stegmann R. Microbial populations during composting process of organic fraction of municipal solid waste. *Appl Ecol Environ Res.* 2008;6(3):61–7.
18. Barrena R. Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso. *Universitat Autònoma de Barcelona*; 2006.
19. Martínez E, Fuentes J, Acevedo E. Carbono orgánico y propiedades del suelo. *J Soil Sc Plan Nutr.* 2008;8(1):68–96.
20. Román P, Martínez MM, Alberto P. Manual de compostaje del agricultor [Internet]. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; 2013. 112 p. Available from: <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
21. Alston RW, Urbanikova L, Sevcik J, Lasagna M, Reinhart GD, Scholtz JM, et al. Contribution of single tryptophan residues to the fluorescence and stability of ribonuclease Sa. *Biophys J* [Internet]. 2004;87(6):4036–47. Available from: <http://dx.doi.org/10.1529/biophysj.104.050377>
22. Elalami M, Baskoun Y, Zahra Beraich F, Arouch M, Taouzari M, Qanadli SD. Design and Test of the Smart Composter Controlled by Sensors. 2019 7th International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC). Agadir, Morocco; 2019. p. 1–6.
23. Guerreo K. Diseño, Construcción y Operación de una Compostera Doméstica Para el Tratamiento de Residuos Sólidos Orgánicos de la Ciudad de Quito. *Escuela Politécnica del Ejército*; 2013.
24. Iliquin RE. Elaboración de compost utilizando residuos orgánicos aplicando los métodos takakura y em-compost. *Agroindustrial Sci.* 2014;4:109–18.
25. Rostagno M. Máquina volteadora para la elaboración de fertilizante orgánico a través de guano de gallina. *Universidad Nacional de Córdoba*; 2015.
26. Gui S, Zhao L, Zhang Z. Does municipal solid waste generation in China support the Environmental Kuznets Curve? New evidence from spatial linkage analysis. *Waste Manag.* 2019;84:310–9.
27. Sailesh N, Shinde V. Home Composter. *World Congress on Sustainable Technologies (WCST-2015)*. London, UK; 2015. p. 130–2.
28. Cerda A, Artola A, Font X, Barrena R, Gea T, Sánchez A. Composting of food wastes : Status and challenges. *Bioresour Technol* [Internet]. 2018;248:57–67. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2017.06.133>
29. Jouhara H, Czajczyńska D, Ghazal H, Krzyżyńska R, Anguilano L, Reynolds AJ, et al. Municipal waste management systems for domestic use. *Energy.* 2017;139:485–506.
30. Garcia SM, Santos CLB, Dolendo DC, Roque NA, Marquez AC, R. P. World Congress on Engineering and Technology ; Innovation and its Sustainability 2018. In: Beltran Jr. A., Lontoc Z., Conde B., Serfa Juan R. DJ, editor. *World Congress on Engineering and Technology; Innovation and its Sustainability 2018*. Cham: Springer; 2018.
31. Pratama YF, Ariyanto E, Karimah SA. Prototype of automation of organic fertilizer manufacturing systems based on internet of things. 2019 7th International Conference on Information and Communication Technology, ICoICT 2019. Kuala Lumpur, Malaysia: IEEE; 2019. p. 1–6.
32. Ayilara MS, Olanrewaju OS, Babalola OO, Odeyemi O. Waste management through composting: Challenges and potentials. *Sustain.* 2020;12(11):1–23.

## **G. ANEXOS**

---

### **Planilla de anexos del Proyecto**

*Número de Archivos: 0*

### **Documentación adicional**

*Número de archivos: 0*