



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMPOSTAJE
AUTOMATIZADO PARA RESIDUOS SÓLIDOS
ORGÁNICOS GENERADOS EN EL MERCADO MUNICIPAL
DE PASCUALES
TRABAJO NO EXPERIMENTAL**

Trabajo de titulación presentado como requisito para la
obtención del título de
INGENIERO AMBIENTAL

**AUTORES
FERNÁNDEZ FLORÍN JEAN VICENTE
VÁSCONEZ SORNOZA SAMMY LIZANGET**

**TUTOR
BLGO. ARIZAGA GAMBOA RAÚL ENRIQUE M.Sc.**

GUAYAQUIL – ECUADOR

2021



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Yo, ARIZAGA GAMBOA RAÚL ENRIQUE, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMPOSTAJE AUTOMATIZADO PARA RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL MERCADO MUNICIPAL DE PASCUALES, realizado por los estudiantes FERNÁNDEZ FLORÍN JEAN VICENTE; con cédula de identidad N° 0926884735 y VÁSCONEZ SORNOZA SAMMY LIZANGET; con cédula de identidad N° 1310020621 de la carrera INGENIERÍA AMBIENTAL, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Firma del Tutor

Guayaquil, 26 de octubre del 2021



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMPOSTAJE AUTOMATIZADO PARA RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL MERCADO MUNICIPAL DE PASCUALES", realizado por los estudiantes FERNÁNDEZ FLORÍN JEAN VICENTE y VÁSCONEZ SORNOZA SAMMY LIZANGET, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

ING. JORGE CORONEL, M.Sc.
PRESIDENTE

ING. VIVIANA MONTOYA, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

ING. JUSSEN FACUY, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

BLGO. RAUL ARIZAGA, M.Sc.
EXAMINADOR SUPLENTE

Dedicatoria

Dedico este trabajo con todo mi corazón a mis padres quienes me han apoyado incondicionalmente gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y dedicación, a mis hermanos por sus palabras y por creer en mi capacidad, finalmente a mi familia por el amor y apoyo que me han brindado.

Fernández Florín Jean Vicente

Dedico este triunfo en primer lugar, a mi madre ya que ha sido el pilar fundamental para que culmine esta importante etapa en mi vida, a mis hermanos por su apoyo incondicional y a mis ángeles en el cielo, en especial a mi papi Cabi y a mi abuelita Modesta... sin su impulso y apoyo nada de esto hubiera sido posible.

Vásconez Sornoza Sammy Lizanget

Agradecimiento

Agradezco de manera especial a Dios por brindarme sabiduría y permitirme cumplir este objetivo. A nuestro director de Tesis Blgo. Raúl Arizaga por su motivación y colaboración al desarrollo de este proyecto. En especial a mi compañera de tesis Sammy Vásconez por su esfuerzo para desarrollar con éxito este trabajo de titulación. En general a cada uno de los docentes quienes conforman la Universidad Agraria del Ecuador.

Fernández Florín Jean Vicente

Agradezco en primer lugar a Dios por darme salud y vida, a la Universidad Agraria del Ecuador y a todos los docentes que aportaron con sus conocimientos durante este largo recorrido, en especial a mi tutor Blgo. Raúl Arizaga por siempre estar presto a ayudarnos, a mi compañero de tesis Jean Fernández por la dedicación brindada a este proyecto, a los amigos que me llevo, sobre todo a mi mejor amiga Lady Viteri por estar presente en las buenas y malas durante estos años de estudio.

Vásconez Sornoza Sammy Lizanget

Autorización de Autoría Intelectual

Yo, FERNÁNDEZ FLORÍN JEAN VICENTE, en calidad de autor del proyecto realizado, sobre “DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMPOSTAJE AUTOMATIZADO PARA RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL MERCADO MUNICIPAL DE PASCUALES” para optar el título de INGENIERO AMBIENTAL, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor(a) me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, octubre 27 del 2021

FERNÁNDEZ FLORÍN JEAN VICENTE
C.I. 0926884735

Autorización de Autoría Intelectual

Yo, VASCONEZ SORNOZA SAMMY LIZANGET, en calidad de autora del proyecto realizado, sobre “DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMPOSTAJE AUTOMATIZADO PARA RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL MERCADO MUNICIPAL DE PASCUALES” para optar el título de INGENIERA AMBIENTAL, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor(a) me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, octubre 27 del 2021

VASCONEZ SORNOZA SAMMY LIZANGET
C.I. 1310020621

Índice general

PORTADA	1
APROBACIÓN DEL TUTOR	2
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	3
Dedicatoria	4
Agradecimiento	5
Autorización de Autoría Intelectual	6
Autorización de Autoría Intelectual	7
Índice general.....	8
Índice de tablas	13
Índice de figuras	14
Resumen.....	17
Abstract	18
1. Introducción	19
1.1 Antecedentes del problema.....	19
1.1.1 Planteamiento y formulación del problema.....	21
1.1.2 Planteamiento del problema	21
1.1.3 Formulación del problema	23
1.2 Justificación de la investigación.....	23
1.3 Delimitación de la investigación	25
1.4 Objetivo general	25
1.5 Objetivos específicos	25
2. Marco teórico	27
2.1 Estado del arte	27
2.2 Bases teóricas.....	31

2.2.1 Generación de residuos en el Ecuador	31
2.2.2 Residuo.....	32
2.2.3 Residuos sólidos	32
2.2.4 Residuos sólidos municipales	32
2.2.5 Residuos de plazas y mercados	32
2.2.6 Sistema de gestión integral de residuos sólidos.....	32
2.2.7 Jerarquía de la gestión de residuos	33
2.2.8 Residuos orgánicos.....	34
2.2.9 Aprovechamiento de residuos orgánicos municipales aplicados en el Ecuador	35
2.2.10 Proceso de transformación de la materia orgánica.....	36
2.2.11 Compostaje	37
2.2.11.1 <i>Beneficios del compostaje</i>	37
2.2.11.2 <i>Tipos de residuos susceptibles a compostar</i>	38
2.2.11.3 <i>Tipos de residuos no susceptibles a compostar</i>	38
2.2.11.4 <i>Selección de los residuos para el compostaje</i>	39
2.2.12 Fases del compostaje.....	39
2.2.12.1 <i>Fase Mesófila</i>	40
2.2.12.2 <i>Fase Termófila o de Higienización</i>	40
2.2.12.3 <i>Fase de Enfriamiento o Mesófila II</i>	41
2.2.12.4 <i>Fase de Maduración</i>	41
2.2.13 Parámetros para evaluar la calidad del compostaje.....	42
2.2.13.1 <i>Oxígeno</i>	42
2.2.13.2 <i>Temperatura</i>	42
2.2.13.3 <i>Humedad</i>	43

2.2.13.4 <i>Potencial de hidrogeno (pH)</i>	43
2.2.13.5 <i>Relación Carbono-Nitrógeno (C:N)</i>	44
2.2.13.6 <i>Tamaño de partícula</i>	44
2.2.14 <i>Técnicas de compostaje</i>	44
2.2.15 <i>Sistemas abiertos</i>	44
2.2.15.1 <i>Pila móvil o de volteo mecánico</i>	45
2.2.15.2 <i>Pila estática con ventilación forzada</i>	45
2.2.16 <i>Sistemas cerrados</i>	45
2.2.17 <i>Compostadores mecánicos</i>	46
2.2.18 <i>Compostadores automáticos</i>	46
2.2.19 <i>Modelado del proceso</i>	46
2.2.20 <i>Selección de sensores, dispositivos electrónicos y materiales</i>	46
2.2.20.1 <i>Arduino</i>	47
2.3 <i>Marco legal</i>	48
3. <i>Materiales y métodos</i>	55
3.1 <i>Enfoque de la investigación</i>	55
3.1.1 <i>Tipo de investigación</i>	55
3.1.1.1 <i>Investigación aplicada</i>	55
3.1.1.2 <i>Investigación descriptiva</i>	55
3.1.2 <i>Diseño de investigación</i>	55
3.2.1 <i>Variables</i>	56
3.2.1.1 <i>Variable independiente</i>	56
3.2.1.2 <i>Variable dependiente</i>	56
3.2.2 <i>Recolección de datos</i>	56
3.2.2.1 <i>Recursos</i>	57

3.2.2.2 <i>Métodos y técnicas</i>	58
3.2.3 Análisis estadístico.....	68
4. Resultados.....	70
4.1 Diagnóstico de la gestión actual del manejo de residuos sólidos mediante encuestas en el mercado municipal de Pascuales.....	70
4.1.1 Diagnóstico	77
4.2 Caracterización de los residuos sólidos orgánicos generados en el mercado municipal de Pascuales mediante método de cuarteo.	77
4.2.1 Tipo de actividad por locales	77
4.2.2 Generación de residuos sólidos	78
4.2.3 Determinación promedio por local	79
4.2.4 Determinación del volumen del cilindro.....	81
4.2.5 Determinación de la densidad de los residuos.....	81
4.2.6 Determinación de la composición física de los residuos	82
4.2.7 Determinación de la composición física porcentual de los residuos	83
4.3 Desarrollo de un sistema de compostaje automatizado óptimo para los residuos sólidos orgánicos que se generan en el mercado municipal de Pascuales.	84
4.4 Propuesta de un sistema de monitoreo mediante placa de desarrollo Arduino, sensores y actuadores en la cámara de compostaje para la automatización de los procesos.	87
4.4.1 Datos obtenidos en el sistema de monitoreo a través del sensor de temperatura	89
4.4.2 Datos obtenidos en el sistema de monitoreo a través del sensor de humedad.....	90

4.5 Examinación de pH, carbono, nitrógeno, fósforo, potasio y contenido de materia orgánica del compost obtenido mediante análisis de laboratorio para comprobar la calidad.	92
5. Discusión.....	94
6. Conclusiones	97
7. Recomendaciones	98
8. Bibliografía	99
9. Anexos.....	112

Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación de residuos orgánicos para el compostaje	39
Tabla 2. Recursos materiales	57
Tabla 3. Clasificación por categoría	78
Tabla 4. Generación diaria de residuos sólidos.....	78
Tabla 5. Resultados de la determinación promedio por local	79
Tabla 6. Resultados de la densidad de los residuos	82
Tabla 7. Resultados de la composición física de los residuos	83
Tabla 8. Resultados estadísticos de temperatura	90
Tabla 9. Resultados estadísticos de humedad.....	91
Tabla 10. Resultado de análisis de pH del abono orgánico obtenido.	92

Índice de figuras

Figura 1. Jerarquización de la gestión integral de residuos sólidos	34
Figura 2. GADM que realizaron aprovechamiento de RSM a nivel regional	35
Figura 3. Aprovechamiento de residuos orgánicos por método.....	36
Figura 4. Temperatura, oxígeno y pH en el proceso de compostaje	41
Figura 5. Resultados de la pregunta número uno ¿Considera usted que existe un plan de manejo de los residuos sólidos en el mercado municipal de Pascuales?	70
Figura 6. Resultados de la pregunta número dos ¿Qué tipo de residuos se generan en su negocio?.....	71
Figura 7. Resultados de la pregunta número tres ¿Dónde almacena habitualmente los residuos sólidos generados?	71
Figura 8. Resultados de la pregunta número cuatro ¿Considera usted que el mercado municipal de Pascuales está organizado con suficientes contenedores para almacenar los residuos sólidos?	72
Figura 9. Resultados de la pregunta número cinco Una vez que se generan los residuos sólidos ¿Usted los clasifica?	73
Figura 10. Resultados de la pregunta número seis ¿Cómo maneja los residuos sólidos en su negocio?.....	73
Figura 11. Resultados de la pregunta número siete ¿De qué forma entrega sus residuos al servicio de recolección municipal?	74
Figura 12. Resultados a la pregunta número ocho ¿Con qué frecuencia recoge los residuos sólidos de su negocio?.....	75
Figura 13. Resultados de la pregunta número nueve ¿Ha detectado la presencia de vectores (ratas, moscas, cucarachas, entre otros) por la acumulación de residuos en su negocio o a los alrededores?	76

Figura 14. Resultados de la pregunta número 10 ¿Cree usted que es necesario diseñar un sistema de compostaje para aprovechar los residuos sólidos orgánicos que se generan en el mercado municipal de Pascuales.....	76
Figura 15. Resultados de la composición física porcentual	84
Figura 16. Ficha técnica del sistema de compostaje	85
Figura 17. Ingreso, salida de producto y subproductos.	86
Figura 18. Propuesta del sistema de monitoreo (primera semana)	87
Figura 19. Propuesta del sistema de monitoreo	88
Figura 20. Monitoreo de temperatura	89
Figura 21. Monitoreo de humedad	90
Figura 22. Lectura de datos	91
Figura 23. Resultados de parámetros del abono orgánico obtenido.....	93
Figura 24. Mapa de ubicación del área de estudio.....	112
Figura 25. Formato de encuesta	113
Figura 26. Listado de participantes en el proyecto parte 1 de 3	114
Figura 27. Listado de participantes en el proyecto parte 2 de 3	115
Figura 28. Listado de participantes en el proyecto parte 3 de 3	116
Figura 29. Estudiantes junto a Lic. Reinaldo Torres jefe de la zona 8 Aseo Cantonal	117
Figura 30. La Srta. Sammy Vásconez realizando la encuesta en el local 22..	117
Figura 31. El estudiante Jean Fernández recolectando los residuos orgánicos	118
Figura 32. Estudiante Jean Fernández aplicando el método de cuarteo	118
Figura 33. La Srta. Sammy Vásconez realizando perforaciones al tanque de polietileno.....	119

Figura 34. Estudiantes realizando cortes para la estructura del sistema de compostaje	119
Figura 35. Máquina de compostaje de tipo horizontal automatizada	120
Figura 36. Placa PCB impresa en baquelita.....	121
Figura 37. Ensamblaje del sistema electrónico	121
Figura 38. Sistema electrónico de automatización ensamblado	122
Figura 39. Residuos orgánicos trozados que fueron depositados al sistema .	122
Figura 40. La Srta. Sammy Vásconez depositando los residuos orgánicos en el interior del compostador.....	123
Figura 41. Residuos orgánicos en el interior del compostador el primer día ..	123
Figura 42. Muestra de abono orgánico maduro.....	131
Figura 43. Informe de laboratorio para muestra de abono orgánico	132

Resumen

Los residuos orgánicos son considerados uno de los problemas ambientales más complejos, mientras que el compostaje se presenta como un método alternativo para convertirlos en fertilizantes, evitando así su inadecuada disposición en rellenos sanitarios, garantizando la disposición segura de estos materiales en el medio ambiente y reduciendo el uso de fertilizantes convencionales. En este trabajo de titulación se desarrolló un sistema de compostaje automatizado con el fin de optimizar el tiempo de obtención del compost. El proceso de compostaje se llevó a cabo durante un periodo de 94 días utilizando los residuos generados en el mercado municipal de Pascuales. Además, se propuso un sistema de monitorización mediante una placa de desarrollo Arduino nano para la automatización de los procesos, control de la temperatura y humedad. Se obtuvo abono orgánico de buena calidad según la FAO y la Norma Técnica Ecuatoriana para abonos orgánicos. Como resultado se obtuvieron los siguientes parámetros de calidad: pH 6,31, Carbono 9,86 %, Nitrógeno 0,46 %, Fósforo 0,10 %, Potasio 1,01 %, Materia orgánica 21,83 %.

Palabras clave: abono, arduino, automatización, residuos orgánicos, sistema de compostaje.

Abstract

Organic waste is considered one of the most complex environmental issues while composting is presented as an alternative method for converting them into fertilizers, thus avoiding their inadequate disposal in sanitary landfills, guaranteeing the safe disposal of these materials in the environment and reducing the use of conventional fertilizers. In this degree work, an automated composting system was developed in order to optimize the time needed to obtain compost. The composting process was carried out for a period of 94 days using the waste generated in the Pascuales municipal market. In addition, a monitoring system was proposed by means of an Arduino development board for the automation of the processes and the control of temperature and humidity. A good quality organic fertilizer was obtained according to FAO and the Ecuadorian Technical Standard for organic fertilizers. The following quality parameters were obtained as result: pH 6.31, Carbon 9.86 %, Nitrogen 0.46 %, Phosphorus 0.10 %, Potassium 1.01 %, Organic matter 21.83 %.

Keywords: arduino, automation, compost, composting system, organic waste.

1. Introducción

1.1 Antecedentes del problema

En los Estados Unidos, sus ciudadanos desperdician aproximadamente una libra de alimentos todos los días, arrojando alrededor de 150.000 ton de alimentos las familias estadounidenses cada día, lo que equivale a un tercio de las calorías que consumen cada día, es más probable que se desechen las frutas y verduras, seguidas del plástico, la madera, el cartón, los residuos inertes y los residuos peligrosos (Milman, 2018).

La cantidad de residuos sólidos urbanos generados en los países de América Latina y el Caribe se acerca a las 540.000 ton diarias, se estima que para el 2050 la cantidad de basura generada en la región ha de llegar a 671.000 ton diarias. En los países de bajos ingresos, el 75 % de la basura descartada proviene de la materia orgánica, mientras que en los países de altos ingresos este indicador es del 36 % la fracción restante se compone de los denominados residuos secos, como metal, papel, cartón, plástico, vidrio y textiles (Organización de Naciones Unidas, 2017; Pon, 2017).

A juicio de Pon (2017), casi todos los países de la región tienen leyes y regulaciones que los generadores y procesadores de residuos deben cumplir, así como sanciones por incumplimiento, pero el marco institucional es débil. En general, en algunas partes de América Latina, los programas de reciclaje han alcanzado el 20 %, gracias en gran parte a la contribución del sector informal.

En México, al igual que otros países, enfrenta grandes retos en el manejo integral de sus residuos sólidos municipales. De acuerdo con la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la generación nacional de residuos sólidos municipales, estimada en el año 2000 fue de 84,200 ton diarias. El 50 % de ese total fue dispuesto en tiraderos a cielo abierto sin recibir tratamiento, lo que

generó fuertes problemas de contaminación (Longoria Ramírez, Oliver Salazar, Torres Sandoval, González Rubio Sandoval, & Maximiliano Méndez, 2014).

Debido al crecimiento de la población, las actividades económicas y la aceleración de la urbanización e industrialización, la gestión de los residuos sólidos orgánicos es un problema que enfrentan la mayoría de los países en desarrollo, lo que intensifica la generación de dichos residuos (Butu y Mshelia, 2014; Kumar et al., 2017; Srivastava et al., 2015).

En el año 2012, la generación de residuos del país fue de aproximadamente 4'139.512 Tm/año, con una generación per cápita promedio de 0,73 kg por persona cada día. Se estima que el país produciría unas 5'546.921 Tm anuales de residuos para el año 2017 por lo que una gestión adecuada de los residuos es de fundamental importancia. Según una proyección de población del INEC en base al Censo de Población y Vivienda 2010, la población de Ecuador en el año 2013 era de 15.774.749 habitantes, de los cuales el 63 % vive en áreas urbanas y el 37 % restante en áreas rurales. En términos de dotación de recursos básicos, el 72 % de las viviendas ecuatorianas suministran agua a través de la red pública y el 77 % de los hogares eliminan la basura a través de vehículos recolectores (Ministerio del Ambiente y Agua, 2015).

De acuerdo con la estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales, cada habitante ecuatoriano produce en promedio alrededor de 0,58 kg de residuos sólidos en el área urbana (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2018).

Al menos el 37, 1 % de los GAD realiza procesos de separación en la fuente, es decir, distinguen entre materiales orgánicos e inorgánicos (cartón, papel, plástico, vidrio, madera, metal, chatarra, textiles, pilas y residuos sanitarios no peligrosos,

etc.). Tan solo el 43 % de los GAD dispone los residuos sólidos en rellenos sanitarios, el 36 % lo deposita en botaderos y el 21 % en celdas emergentes (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2018).

En la ciudad de Guayaquil, incluyendo los sectores rurales se genera 4.200 toneladas diarias de desechos, generando el doble de desechos que reporta Quito 2.200 toneladas diarias, la producción de basura en la ciudad va ligada a la economía (Aguas, 2019).

La cantidad de residuos que genera la ciudad de Guayaquil son cifras demasiado elevadas debido a la inconsistencia de recolección, manejo y disposición inadecuada de los residuos y el poco interés que las personas presentan es por ello que no brindan un aprovechamiento a los residuos que generan (Viteri Vega, 2020).

La gestión de los desechos sólidos es un problema universal que atañe a todo habitante del planeta, con más del 90 % de los desechos que se vierten o queman a cielo abierto en los países de ingreso bajo, son los pobres y los más vulnerables quienes se ven más afectados (Vásquez, 2020).

Según el nuevo documento "What Waste 2.0: Una visión global para la gestión de residuos sólidos para 2050", si no se toman medidas inmediatas, la generación global de residuos para 2050 aumentará en un 70% con respecto a los niveles actuales (Banco Mundial, 2018).

1.1.1 Planteamiento y formulación del problema

1.1.2 Planteamiento del problema

Ecuador, así como otros territorios en vías de desarrollo, ha enfrentado en las últimas décadas, un problema cada vez más creciente y con elevado efecto ambiental, dado por el incremento relevante en la generación de residuos sólidos municipales (K. López, 2018).

La ciudad de Guayaquil presenta serios problemas ambientales ocasionados por el incremento económico y demográfico, esto produce un deterioro en su patrimonio natural. En el año 2017 Guayaquil posee 2`644.891 habitantes lo que convierte en la ciudad más poblada del Ecuador, lo cual traduce en un inconveniente, por la carencia de una idónea administración de residuos sólidos en sus calles (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2017).

El mayor problema de Guayaquil y la basura es que una gran parte de la población está excluida de los servicios de recolección de basura, la falta de estrategias justas para brindar servicios de recolección resalta la desigualdad social en los sectores del norte, sur y suroeste de la ciudad (Hidalgo, 2017).

Particularmente, los esteros de los sectores de Puerto Lisa, Mogollón, Palanqueado, Las Ranas, El Muerto, La Chala, Las Malvinas y Batallón del suburbio reciben los desperdicios porque el servicio de recolección es insuficiente (Calderón, 2011).

Con respecto al crecimiento del cantón y su asentamiento en la zona de estudio, se muestra la falta de políticas de planificación y ordenamiento territorial, pues el crecimiento demográfico en sectores periféricos asentados en las riberas de los ríos no posee las facilidades físicas que garanticen un adecuado manejo y disposición final de los residuos sólidos (Nivela Orozco, 2017).

Respecto a los residuos sólidos generados, la mayor cantidad provienen de los residuos orgánicos (restos de comida, vegetales, frutas), lo cual pueden ser separados, recolectados y aprovechados e impulsar como alternativa para su reutilización, transformando el material orgánico en compost y minimizar el impacto ambiental al momento de su disposición final. Los comerciantes del mercado central municipal son los responsables de la generación de los residuos sólidos, el poco

interés, desconocimiento, cultura y falta de cumplimiento de las Ordenanzas Municipales reprimen la eficiencia del trabajo de limpieza haciendo la recolección de los residuos; mas no al adecuado sistema de recolección, separación, procedimiento y disposición final de los residuos sólidos (Samaniego, 2019).

El mercado municipal de Pascuales no cuenta con un sistema de recolección eficiente lo que ocasiona acumulación de residuos, malos olores, proliferación de vectores entre otros aspectos negativos, es por ello necesario proponer un sistema de compostaje automatizado que permita aprovechar los residuos orgánicos que se generan al interior del mercado municipal de Pascuales a favor de la reducción y el manejo integral de residuos orgánicos destinados al relleno sanitario Las Iguanas.

1.1.3 Formulación del problema

¿Puede el diseño de un sistema de compostaje automatizado aprovechar los residuos sólidos orgánicos generados en el mercado municipal de Pascuales?

1.2 Justificación de la investigación

El gran desafío para las instituciones gubernamentales es asegurar destinos apropiados para los residuos orgánicos, evitar impactos negativos en el medio ambiente, promover la implementación de sistemas de gestión diferenciados (Albertin et al., 2010).

En algunos países desarrollados, como Polonia, la gestión de residuos sólidos orgánicos se considera una de las actividades de protección ambiental más importantes (Boer, Jędrzszak, Kowalski, Kulczycka, & Szpadt, 2010).

Ante los problemas ambientales que enfrenta la sociedad moderna, los residuos sólidos son una prioridad, por lo que se busca realizar actividades encaminadas a

reducir la cantidad de residuos sólidos orgánicos dispuestos en rellenos sanitarios o a cielo abierto.

Los sistemas cerrados son muy propicios para la producción de compost porque respecto a la metodología común pueden evitar la acumulación de agua de lluvia, resistir vientos fuertes, facilitar la recolección de lixiviados, mejor homogeneidad del producto, evitar la presencia de vectores que pueden perjudicar los resultados esperados y se puede desarrollar a gran escala para usos industriales.

Cuando el compostaje se realiza en métodos actualmente conocidos, es necesario la intervención humana durante la preparación y elaboración, pues se debe controlar la temperatura y humedad existente para que los microorganismos que realizan el proceso de descomposición no mueran. Precisamente por esta razón desarrollar un sistema automatizado reduce la intervención humana en el proceso descrito anteriormente (humedad y temperatura) del compost a través de mecanismos electrónicos capaces de controlar de manera eficiente el desarrollo del proceso.

Este diseño contempla aspectos útiles en la toma de decisiones debido a que según Molina Guzmán et al., (2009), un manejo inapropiado de los residuos biodegradables conlleva una mayor generación de gases de efecto invernadero a la atmósfera como el metano (CH_4), deterioro del paisaje, contaminación de recursos hídricos por lixiviados, malos olores, inundaciones por la acumulación de desechos, hábitat apto para la proliferación de vectores generadores de enfermedades, entre otros.

Según Muirragui (2017), esta técnica disminuye la proliferación de enfermedades ocasionadas por roedores e insectos que son atraídos por este tipo de residuos los cuales producen malos olores.

En la actualidad los proyectos de investigación deben alinearse a los objetivos del buen vivir, es por ello necesario implementar un sistema de compostaje automatizado, que permita aprovechar los residuos sólidos orgánicos generados en el mercado municipal de Pascuales mejorando el aspecto paisajístico y ambiental de la zona de estudio.

1.3 Delimitación de la investigación

La investigación radicó en el aprovechamiento de los residuos orgánicos que se generan en el interior del mercado municipal de Pascuales a fin de generar una alternativa amigable con el ambiente.

- **Espacio:** Mercado Municipal de Pascuales ubicado en la Av. Joyas de los Sachas y Calceta, coordenadas UTM (619426.4, 9771069.2) (Ver Anexo 1).
- **Tiempo:** El tiempo de desarrollo del proyecto es de tres meses.
- **Población:** La parroquia Pascuales según INEC (2010) tiene una población de 74.932 habitantes.

1.4 Objetivo general

Diseñar un sistema de compostaje mediante la automatización de los procesos para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos generados en el mercado municipal de Pascuales.

1.5 Objetivos específicos

- Diagnosticar la gestión actual del manejo de residuos sólidos mediante encuestas en el mercado municipal de Pascuales.
- Caracterizar los residuos sólidos orgánicos generados en el mercado municipal de Pascuales mediante método de cuarteo.

- Desarrollar un sistema de compostaje automatizado óptimo para los residuos sólidos orgánicos que se generan en el mercado municipal de Pascuales.
- Proponer un sistema de monitoreo mediante placa de desarrollo Arduino, sensores y actuadores en la cámara de compostaje para la automatización de los procesos.
- Examinar pH, carbono, nitrógeno, fósforo, potasio y contenido de materia orgánica del compost obtenido mediante análisis de laboratorio para comprobar la calidad.

1.6 Hipótesis

El sistema de compostaje automatizado permite aprovechar los residuos sólidos orgánicos generados en el mercado municipal de Pascuales.

2. Marco teórico

2.1 Estado del arte

Sir Albert Howard, un agrónomo británico practicó por primera vez el "Método Indore" y desarrolló la técnica de compostaje para mejorar la tierra y aumentar los rendimientos en la zona; la conclusión es que debido a la presencia de residuos de animales y plantas mejoran la fertilidad del suelo debido a la presencia de humus (Flores & Carranza, 2015).

La reutilización de la materia orgánica generada durante las actividades de centros de abastecimiento se busca mediante la realización de compost, este es el primer intento de la ciudad de Tunja utilizar esta tecnología de aprovechamiento que permite aliviar los problemas sociales, económicos, ambientales y de salud que provocan una mala gestión del uso potencial de estos desechos (Castro Galindo, 2018).

De acuerdo con Acurio et al., (1997), en su estudio "Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe" las poblaciones expuestas a agentes físicos, químicos y biológicos de RSM son trabajadores regulares e informales que manipulan residuos, población desatendida, personas que viven cerca de sitios de procesamiento y disposición de RSM. El principal factor causante de esta situación son las autoridades vinculadas al sector debido a la atención insuficiente y baja calidad de los servicios prestados este impacto está relacionado con la contaminación de los recursos hídricos, del aire, del suelo y del paisaje; La protección ambiental está restringida por el orden institucional, la legislación ambiental, las finanzas y especialmente la implementación de las leyes y reglamentos, por otro lado, las políticas para reducir la generación de basura municipal, especial y peligrosa aún no han logrado

resultados, la reducción del riesgo de residuos desde la fuente a través de un proceso de producción más limpio está todavía incipiente, para lograr un desarrollo sostenible es necesario incrementar la intensidad de la recuperación, la reutilización y el reciclaje, campo en el que ha avanzado la región, pero lo principal para prevenir impactos negativos en el medio ambiente es mejorar la gestión de los RSM, especialmente su disposición final.

De acuerdo con la investigación realizada por López (2009), la caracterización es una herramienta para la gestión ambiental de los gobiernos locales, de facto y anteriores, desarrolló un método que se adapta a las diferentes situaciones y realidades de cada lugar. En el distrito de Las Lomas, el 70% de los residuos generados son principalmente orgánicos (frutas, verduras y residuos de procesamiento de alimentos), el 10% de los residuos generados corresponde a los residuos de vidrio, la cantidad de residuos sólidos per cápita generados es de 0,46 Kg/hab/día, la densidad media es de 166 Kg / m³.

Según (Wang et al., 2014), después de muchos años de práctica y comparación el tratamiento de compostaje es ignorado por la gente, convirtiéndose en el principal método de tratamiento de los residuos sólidos urbanos. El diseño del sistema de compostaje permite mejorar las condiciones de compostaje, optimizar el rendimiento y mejorar la eficiencia. Por lo tanto, el sistema de prueba y los dispositivos experimentales de tratamiento de compostaje de residuos sólidos tiene una gran importancia.

Los autores Longoria Ramírez et al., (2014), construyeron una trituradora de residuos para compostaje. El diseño incluye tres cuchillas móviles, la máquina facilita el correcto montaje y puede intercambiar sus partes, por lo que el tamaño del material triturado en la cámara de compostaje se divide en tamaños de 1 a 3

cm y se mezcla uniformemente, como resultado de esta mezcla la relación teórica C: N es 32,9, que es un factor importante en el proceso de compostaje.

Teniendo en cuenta a Wang et al., (2014), realizó la construcción de un sistema de compostaje pequeño y un dispositivo de volteo debido a su bajo costo e implementación permite mejorar la función de mezcla de la materia prima, la temperatura, la permeabilidad y ajusta la humedad es por ello considerados equipos importantes en el proceso de fermentación y producción de fertilizantes orgánicos, el dispositivo de giro siempre está a la vanguardia del desarrollo de los tiempos y hace una gran contribución al compost.

Como afirma Aguilar (2020), en su investigación fabricó un sistema mecánico, el cual se utilizó para refinar el compost, mejorando así su calidad y optimizando el tiempo de adquisición los mismos que están compuestos por materiales en desuso, reciclados, entre otros. Con el fin de comprobar la eficiencia del compost obtenido mediante el sistema mecánico ecológico, se evaluó la tasa de germinación de especies de cilantro. Para ello, utilizó una muestra de compost aplicado (sistema de trituración mecánico) obteniendo resultados del compost fino; pH fue de 7,58, macroelementos del compost fino fueron: 3% Ca , 0.67% Mg, 1,21% K , 1,2% P. Microelementos del compost fino fueron: 51,76% B, Fe 6819,37 %, Zn 288,42%, Co 7.76% , Mn 745,31% , Cu 285,63 %, Ni 14,67% y Na 3768,46%, determinando que el que presenta mejores resultados es el compost fino debido a que contiene mayor concentración de materia orgánica, pH neutro y elementos como carbono y nitrógeno parámetros considerados importantes.

Según la Agencia de Residuos de Cataluña (2017), los materiales complementarios que pueden mejorar la porosidad del compost o la estructura de los residuos se denominan estructurantes. Estos materiales provienen de origen

vegetal y otros materiales con alto contenido de madera. Dado que son importantes porque pueden fijar mejor el nitrógeno, el fósforo y el potasio en el compost, deben reducirse a un nivel uniforme mediante molienda.

Desde el punto de vista de Ramos y Terry Alfonso (2014), por el rendimiento que produce los residuos de cosecha son una de las fuentes más importantes de compost. Además, estos tienen un alto contenido de materia orgánica con una alta relación C / N facilita su uso en el proceso y su contenido mineral varía según las fracciones involucradas.

De acuerdo con Da Costa Ferreira et al. (2018), el compostaje se presenta como una alternativa para reciclar residuos sólidos orgánicos biodegradables, transformarlos en fertilizantes para la agricultura y evitar su deposición inadecuada en rellenos sanitarios garantizando así la deposición segura de estos materiales en el ambiente y reduciendo el uso de fertilizantes convencionales.

Desde el punto de vista de Ayala Cadena (2014), en su trabajo titulado "Prototipo de un compostador de uso doméstico automatizado con Arduino" indica que, los procesos de control de temperatura, humedad, aireación y oxigenación y la descompactación que se deben llevar a cabo cuando se hace una composta, actualmente para otros compostadores, estas tareas deben ser realizadas por miembros de la familia, pero estas tareas pueden ser reemplazadas por sensores y actuadores que pueden realizar estas tareas una y otra vez, para que las personas no necesiten monitorear las condiciones necesarias para el compostaje.

El autor Jaramillo Monge (2017), mediante su trabajo investigativo desarrolló un prototipo que utiliza un motor de $\frac{1}{2}$ HP equipado con un convertidor de frecuencia para alcanzar una velocidad de 30 RPM. Para transmitir la rotación se utilizan dos catalizadores, uno de 2 cm, el otro de 8 cm, y los conecta una cadena conectados

entre sí de manera que cuando se permite la transmisión giratoria, la potencia del sistema es de 110 v AC, la capacidad del tambor utilizado es de 10 lt, y en él se pueden almacenar 8,7 kg de materia orgánica; el sensor FC-28 utilizado para medir la humedad y el sensor tipo K. termopar para obtener la temperatura incorporando un temporizador en el microcontrolador Arduino de esta forma, el prototipo puede permanecer quieto durante 5 minutos y rotar durante 10 segundos, de modo que los datos se pueden leer cuando el operador necesita verificar el estado del proceso de compostaje.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Generación de residuos en el Ecuador

Según el Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos, Ecuador genera aproximadamente 11,341 toneladas de residuos por día, alrededor de 4,139,512 toneladas por año, de las cuales 61,4% son orgánicos, papel + cartón 9,4%, plástico 11%, vidrio 2,6%, residuos 2,2%, y 13,3% corresponde a otro tipo de residuos y 0,74 kg per cápita. Se estima que Ecuador generará 5,4 millones de toneladas anuales para el 2017. Por ello, se requiere una planificación y gestión integral de residuo (Ministerio del Ambiente y Agua, 2013, 2015).

El manejo de desechos sólidos se encuentra incluido en el Plan Nacional de Desarrollo Toda Una Vida 2017 - 2021 dentro del diagnóstico general del Eje 1: "Derechos para Todos Durante Toda la Vida" presenta recomendaciones para el desarrollo de políticas ambientales urbanas sobre la base del fortalecimiento de las competencias de los gobiernos locales y las organizaciones sociales que implementen sistemas de prevención y control de la contaminación ambiental, desarrollando programas de manejo integral de los desechos sólidos,

descontaminación de ríos y esteros para usos de producción agrícola y generar sistemas de reciclaje que promuevan la economía comunitaria.

2.2.2 Residuo

Cualquier material que el propietario/productor ya no puede usar en su capacidad o forma original, y que puede ser recuperado, reciclado, reutilizado o eliminado (Ministerio del Ambiente y Agua, 2021).

2.2.3 Residuos sólidos

Los residuos sólidos son sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido, desechados por su generador provenientes de actividades antropogénicas (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2014).

2.2.4 Residuos sólidos municipales

La Ley N ° 10/98 (2016), sobre residuos define los residuos urbanos o municipales como los generados en los domicilios particulares, comercios, oficinas y servicios, así como todos aquellos que no tengan la calificación de peligrosos y que por su naturaleza o composición puedan asimilarse a los producidos en los anteriores lugares o actividades.

2.2.5 Residuos de plazas y mercados

Estos desechos consisten en todos los residuos que quedan después de la actividad comercial, donde se puede encontrar materiales inorgánicos como bolsas de plástico, botellas de vidrio, tapas y materiales orgánicos, como residuos vegetales, hierbas, granos, entre otros (Tipán, 2016).

2.2.6 Sistema de gestión integral de residuos sólidos

El manejo integral de residuos sólidos significa la selección e implementación de medidas, planes, tecnologías, metodología, esquemas, técnicas y sistemas de manejo competentes y adecuados que permitan la prevención, minimización,

separación o clasificación, almacenamiento, transporte, aprovechamiento y evaluación en el origen para tratar y eliminar los residuos de forma correcta y eficaz, la condición es mantener el equilibrio ecológico del medio ambiente y la mejor calidad de vida de la población (Gonzalvo, 2018).

Para la gestión integral de residuos y/o desechos sólidos en un lugar determinado, se pueden utilizar todas las herramientas, elementos y recursos disponibles para gestionar, procesar, proteger adecuadamente el medio ambiente, garantizar el bienestar y la calidad de vida de los residentes.

2.2.7 Jerarquía de la gestión de residuos

EPA (2015), ha desarrollado una jerarquía de gestión de residuos y materiales no peligrosos, reconociendo que ningún método de gestión único de residuos es adecuado para gestionar todos los materiales y flujos de residuos en todas las situaciones siguientes.

- Reducción y reutilización de fuentes
- Reciclaje y compostaje
- Recuperación de energía
- Tratamiento y eliminación

A lo largo del tiempo se han ido adoptando nuevas medidas para dar una adecuada respuesta a los problemas que se presentan en la gestión de residuos y/o residuos sólidos, lo que implica el desarrollo y aplicación de múltiples herramientas orientadas a dar beneficios a la sociedad.

Se puede observar que la pirámide está compuesta por una serie de escalones (del más simple al más complejo). El propósito de tomar esta acción escalonada es minimizar la cantidad de residuos generados en la disposición final, para lograr mejores efectos ambientales globales en determinados flujos de residuos es

necesario desviarse de esta estructura jerárquica, se podrá adoptar un orden distinto de prioridades previa justificación (Ocampo, 2013).

En la Figura 1, se muestra la jerarquización desde la opción deseada para la gestión integral de los residuos sólidos hasta la última opción.



Figura 1. Jerarquización de la gestión integral de residuos sólidos Ocampo, 2013

2.2.8 Residuos orgánicos

Son aquellos que tienen la característica de poder desintegrarse o degradarse rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica provienen de hogares, industrias, plantas de tratamiento, agricultura, horticultura y la silvicultura, entre otros (Medioambientealora, 2015).

Según la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (ORD US EPA, 2015), indica que los residuos sólidos orgánicos son aquellos que provienen de restos de productos de origen orgánico y tienen la posibilidad de descomponerse velozmente, transformándose en otro tipo de materia orgánica, como restos de comida, frutas, verduras, huevos, entre otros; en el proceso de

degradación se convierte en un producto útil que ayuda a mejorar las propiedades del suelo.

2.2.9 Aprovechamiento de residuos orgánicos municipales aplicados en el Ecuador

A nivel nacional son recolectados de forma diferenciada aproximadamente 604 ton/día de residuos orgánicos INEC y AME (2018), durante los años 2015 al 2018 existió un incremento de las metodologías para el aprovechamiento de estos residuos en los 221 cantones del Ecuador.

En la Figura 2, se muestra el aprovechamiento de los residuos sólidos municipales de los GADM a nivel nacional.

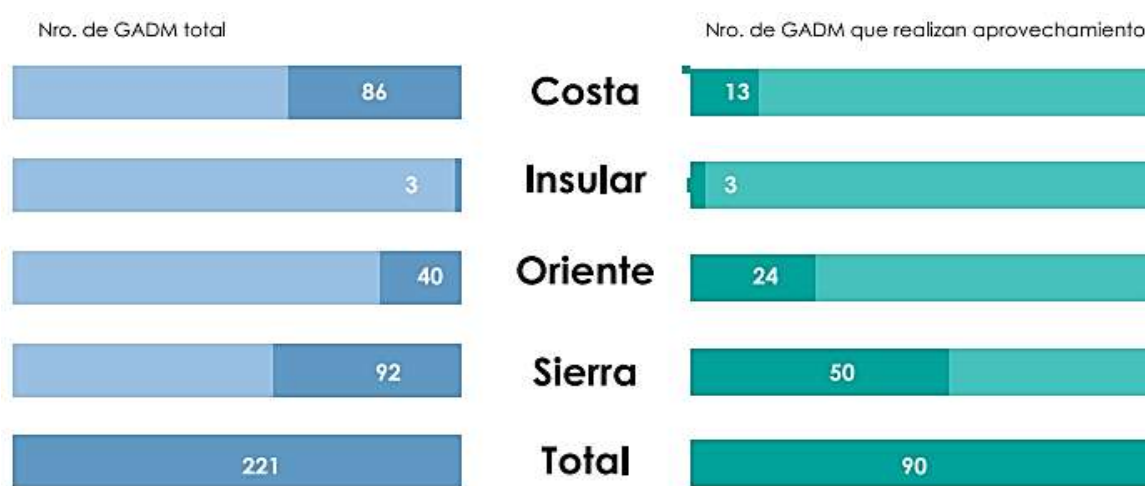


Figura 2. GADM que realizaron aprovechamiento de RSM a nivel regional
Ministerio del Ambiente y Agua, 2019

A nivel nacional, las metodologías más comunes reportadas para el aprovechamiento de los Residuos Sólidos Municipales son: Compostaje, Lombricultura y Bokashi.

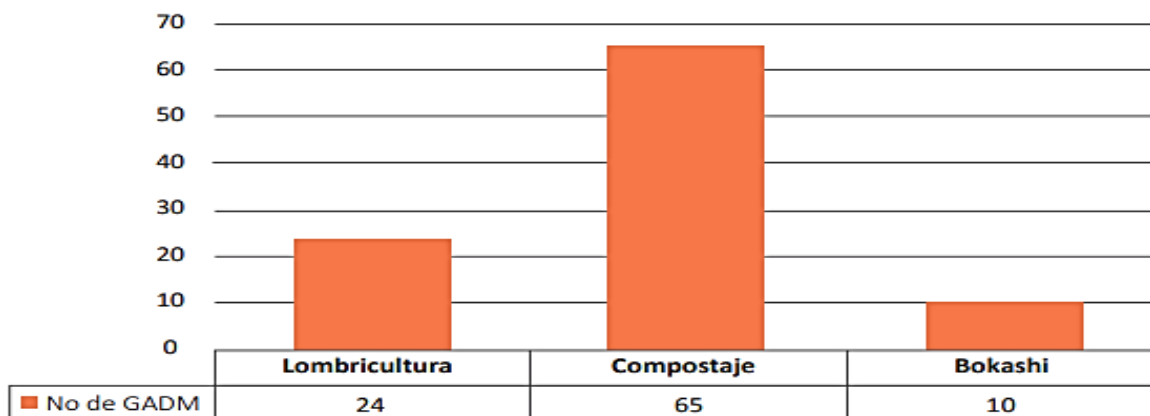


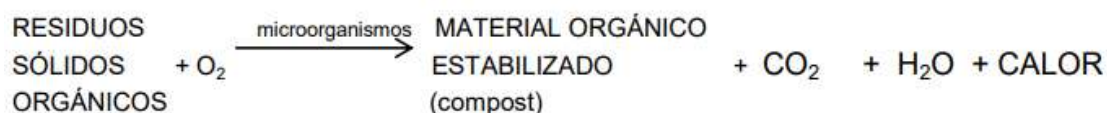
Figura 3. Aprovechamiento de residuos orgánicos por método
Ministerio del Ambiente y Agua, 2019

Según el Ministerio de Ambiente y Agua (2019a), indica que la metodología común más utilizada por los GADM es el compostaje debido a la facilidad en cuanto a su implementación, bajo costo de operación y mantenimiento.

2.2.10 Proceso de transformación de la materia orgánica

La elaboración del compostaje presenta diversos métodos para su elaboración según Bharadwaj (1995), indica que es un proceso donde se involucra la transformación de los residuos orgánicos de origen vegetal y animal en abono orgánico. Forma parte de un proceso microbiológico donde interactúan con bacterias y hongos.

Conforme lo dicho por Abbasi y Ramasamy (2000) el producto está compuesto por su contenido rico en nutrientes vegetales y humus, en tanto a los subproductos tenemos el dióxido de carbono, agua y temperatura como se describe a continuación:



El resultado de la transformación orgánica tiene características importantes, según Röben (2002), el resultado es conocido como humus o abono, el mismo que

puede ser aplicado en la agricultura, horticultura, silvicultura, arquitectura del paisaje y el mejoramiento de suelos estériles. La implementación de esta metodología puede disminuir una gran cantidad de residuos hasta un 50 %. El porcentaje varía según la composición de los residuos.

2.2.11 Compostaje

La FAO (2021), define el compost como una mezcla de materia orgánica que se descompone en condiciones aeróbicas para mejorar la estructura del suelo y suministrar nutrientes.

El compostaje es la degradación aeróbica de la materia orgánica (es decir, en condiciones aeróbicas) mediante la acción de microorganismos en condiciones de ventilación, humedad y temperatura "controladas" (Yu, Clark, & Leonard, 2008).

Es un proceso aerobio de evolución biológica que permite la desintegración de la parte orgánica de los residuos sólidos municipales (RSM), logrando estabilidad, madurez y sanitización (Ministerio del Ambiente y Agua, 2020).

El proceso de compostaje se origina en la acción de microorganismos que existen en el entorno, los mismos que son encargados de la desintegración de la materia orgánica. Los microorganismos se precisan escenarios óptimos de humedad, temperatura y oxigenación para que consigan vivir y desarrollar la descomposición.

2.2.11.1 Beneficios del compostaje

El proceso de compostaje imita la descomposición natural que existe en los ecosistemas, en éste se potencializa el escenario de manejo para lograr acelerar el tiempo de proceso y por consiguiente su productividad (Ministerio del Ambiente y Agua, 2020).

- Crea condiciones físicas, químicas y biológicas para el desarrollo de microorganismos.
- Mejora la retención y drenaje del agua al suelo además le proporciona porosidad permitiendo el paso libre de agua y oxígeno.
- Aumenta nutrientes y microorganismos al suelo logrando reconstituir su ecosistema.
- Reduce la cantidad de lixiviados y de malos olores que se generan en los rellenos sanitarios.
- Disminuye la emisión de metano en los sitios de disposición final, el cual es generado debido a la descomposición de la materia orgánica.

2.2.11.2 Tipos de residuos susceptibles a compostar

- Pasto.
- Ramas producto de poda de árboles y arbustos.
- Estiércol excepto de perros y gatos.
- Restos de comida en el caso de casas y restaurantes.
- Aceites y grasas comestibles.
- Servilletas, pañuelos de papel, papel y cartón los mismos que no deben estar impresos ni coloreados, ni mezclados con plástico.

2.2.11.3 Tipos de residuos no susceptibles a compostar

- Residuos cárnicos o originarios de mariscos no son tratados por los problemas que generan en el proceso debido que ostenta malos olores o descomposición.
- Sobras de alimentos cocinados, carnes.
- Materiales no degradables (vidrio, metales, plásticos).
- Aglomerados o contrachapados de madera.

2.2.11.4 Selección de los residuos para el compostaje

El proceso de compostaje demanda cuatro elementos básicos conocidos como: residuos verdes (alto contenido de nitrógeno), residuos cafés (alto contenido de carbono), agua y aire (oxígeno). Los residuos verdes provienen principalmente de hogares y mercados y los residuos cafés son básicamente plantas secas se puede añadir tiras delgadas de papel (Mejía, 2010).

Tabla 1. Clasificación de residuos orgánicos para el compostaje

	Residuo	Observaciones
	Aserrín, virutas de madera	No usar si proviene de madera tratada con productos químicos
	Hojas secas	Se secan al sol
Cafés	Paja y heno	Picar y mojar. Favorecen la aireación
	Pasto cortado y seco	Cuando es necesario material café, se puede secar al sol el pasto recién cortado
	Podas de árboles	Ayudan a la aireación. Deben ser cortadas en astillas
	Cítricos	Se requiere de buena aireación
Verdes	Estiércol de animales herbívoros	Muy útil si se requiere de materiales verdes
	Frutas, verduras, residuos de comida	Picar en trozos pequeños, principalmente las cáscaras
	Maleza verde	Pasteurizarla al sol dentro de una bolsa negra durante 7 a 10 días para eliminar semillas

Clasificación de residuos básicos para el compostaje.

Mejía, 2015

2.2.12 Fases del compostaje

El compostaje es un proceso biológico, que sucede en condiciones aeróbicas y con la apropiada humedad y temperatura, se logra una transformación higiénica de los residuos orgánicos en un material homogéneo y asimilable por las plantas. Estos microorganismos con presencia de oxígeno utilizan nitrógeno (N) y carbono (C) para producir su propia biomasa.

Los microorganismos emiten calor durante todo el proceso de compostaje debido a las fluctuaciones de temperatura, dependiendo de la temperatura generada durante el proceso, se reconocen tres etapas principales además de una fase de maduración de diferente duración.

2.2.12.1 Fase Mesófila

La materia prima comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en unos días (o incluso horas) la temperatura sube a 45 °C. Este aumento de temperatura se debe a la actividad microbiana, ya que los microorganismos en esta fase utilizan las fuentes simples de C y N para generar calor. La descomposición de compuestos solubles, como los azúcares produce ácidos, por lo tanto, el pH puede descender (hasta aproximadamente 4.0 o 4.5). Esta fase dura unos días (entre dos y ocho días) (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

2.2.12.2 Fase Termófila o de Higienización

Cuando el material alcanza temperaturas superiores a 45 °C, los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias (microorganismos mesófilos) son reemplazados por los que crecen a temperaturas más altas, en su mayoría bacterias (bacterias termófilas), que facilitan la descomposición de fuentes C, como celulosa y lignina.

Estos microorganismos actúan convirtiendo el nitrógeno en amoníaco, lo que aumenta el pH del medio. Las bacterias productoras de esporas y actinobacterias, responsables de la degradación de ceras, hemicelulosas y otros compuestos complejos C, aparecen especialmente por encima de los 60 °C. Esta fase puede durar de unos días a meses, dependiendo del material de partida, las condiciones climáticas y del lugar y otros factores. Esta fase recibe el nombre de higienización ya que el calor generado destruye bacterias y contaminantes de origen fecal

Escherichia coli y *Salmonella spp*, que pueden encontrarse en el material de partida, dando lugar a un producto higienizado (Román et al., 2013).

2.2.12.3 Fase de Enfriamiento o Mesófila II

Cuando se agotan las fuentes de carbono y especialmente el nitrógeno del compost, la temperatura vuelve a bajar a 40-45 ° C. Durante esta fase, polímeros como la celulosa continúan degradándose y aparecen algunos hongos que se pueden ver a simple vista. Al bajar de 40 °C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino (Román et al., 2013).

2.2.12.4 Fase de Maduración

Este es un período que toma meses a temperatura ambiente, durante el cual tienen lugar reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos de carbono para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos (Román et al., 2013).

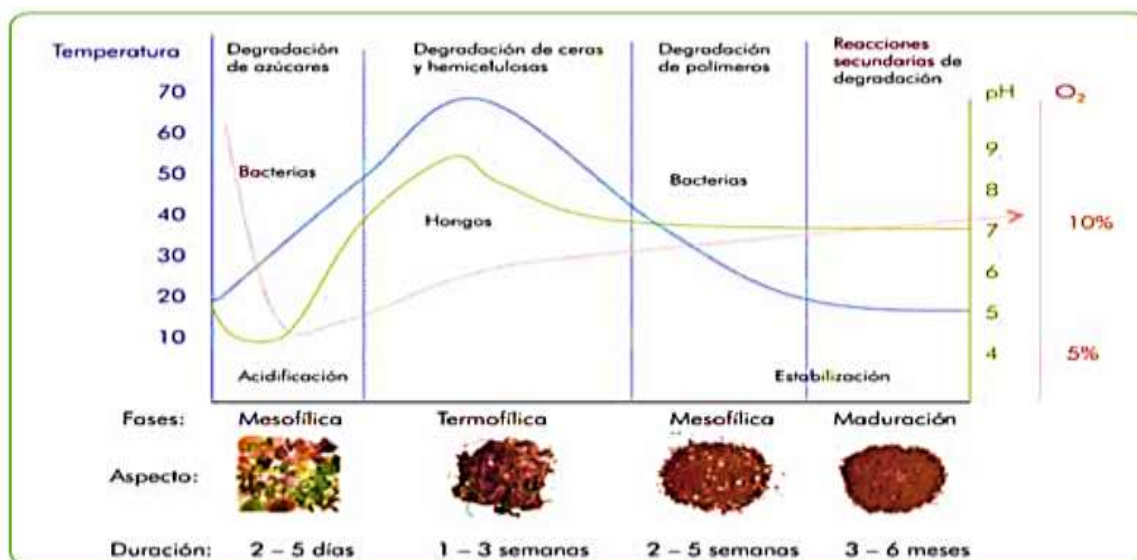


Figura 4. Temperatura, oxígeno y pH en el proceso de compostaje Román y FAO, 2013

2.2.13 Parámetros para evaluar la calidad del compostaje

El proceso de compostaje se basa en la actividad de los microorganismos que viven en el medio, ya que son los encargados de descomponer la materia orgánica, para que estos microorganismos puedan vivir y desarrollar la actividad de descomposición, se requieren condiciones óptimas de temperatura, humedad y oxigenación (Ajvix, 2012).

2.2.13.1 Oxígeno

Se debe mantener una ventilación adecuada para permitir que los microorganismos respiren, liberando dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera. Asimismo, la aireación evita que el material se compacte o forme charcos. Los requerimientos de oxígeno cambian durante el proceso, alcanzando la máxima tasa de consumo durante la fase termofílica. Una ventilación excesiva provocará una caída de temperatura y una mayor pérdida de humedad por evaporación, haciendo que el proceso de descomposición se detenga por falta de agua (Román et al., 2013).

2.2.13.2 Temperatura

Este parámetro nos indica el desarrollo, comportamiento y tipos de microorganismos presentes en los sistemas de compostaje, los valores varían desde los 35 °C – 65 °C.

Según el Ministerio del ambiente y Agua (2020), es muy importante para el crecimiento de microorganismos que descomponen desechos y no microorganismos patógenos, las temperaturas son:

- Etapa de temperatura media (mesófila): la temperatura debe llegar hasta los 45 °C.
- Etapa de temperatura alta (termófila): hasta los 75 °C.

- Etapa de enfriamiento (mesófila): de nuevo la temperatura debe bajar hasta los 45 °C.

2.2.13.3 Humedad

La presencia de agua permite que los microorganismos puedan reaccionar y descomponer los residuos de forma adecuada, debe estar entre 50 % y 70 %. Si los residuos provienen de paja de cereales, la humedad debe ser 75 % - 90 %, para astillas de madera la humedad debe ser 75 % - 90 %, y para residuos sólidos urbanos debe ser 50 % - 55 % (Ministerio del Ambiente y Agua, 2020).

Cuando la humedad desciende por debajo del 45%, la actividad microbiana baja, sin dejar tiempo para que se finalicen todas las fases de degradación, lo que hace que el producto obtenido sea biológicamente inestable, Si la humedad es demasiado elevada (> 60%), el agua saturará los poros y alterará la oxigenación del material (Román et al., 2013).

2.2.13.4 Potencial de hidrogeno (pH)

El pH del compostaje depende de las materias primas y cambia en cada etapa del proceso (de 4.5 a 8.5), durante las primeras etapas del proceso, el pH se acidifica por el desarrollo de ácidos orgánicos, en la fase termofílica, debido al cambio de amonio en amoniacó, el pH se eleva y el entorno se vuelve alcalino, para al final estabilizarse en valores próximos a la neutralidad. Los compuesto húmicos que se generan en la última fase (mesófila 2) permite llegar a valores cercanos a la neutralidad en el pH (6.5- 8.5) indicando que el proceso ha finalizado y el producto final es de buena calidad (Gordillo y Chávez, 2015).

2.2.13.5 Relación Carbono-Nitrógeno (C:N)

El carbono es una fuente de energía para los microorganismos y el nitrógeno es un elemento necesario para la síntesis de proteínas. La relación correcta entre los dos nutrientes promoverá un buen crecimiento y reproducción.

Según (Román et al., 2013), la relación C: N cambia según la materia de partida y la relación numérica se obtiene dividiendo el contenido de C (% C total) por el contenido de N total (% N total) del materiales para compostaje; esta relación cambia durante todo el proceso, siendo una reducción continua, de 35: 1 a 15: 1.

2.2.13.6 Tamaño de partícula

El tamaño de partícula adecuado varía de 3 a 5 cm, a medida que el tamaño es mayor, disminuye la disponibilidad de nutrientes para los microorganismos responsables de la descomposición de la materia orgánica. En este punto, se debe tener en cuenta que los residuos sólidos orgánicos deben ser triturados con una trituradora adecuada, además de tener en cuenta la separación de impurezas, etc., ya que algunos residuos sólidos orgánicos urbanos se mezclan con plásticos, papel. etc., cartón, entre otros (Ministerio del Ambiente y Agua, 2020).

2.2.14 Técnicas de compostaje

Las diferentes tecnologías se suelen dividir en sistemas cerrados y sistemas abiertos. Un sistema abierto es un sistema que se completa al aire libre y un sistema cerrado es un sistema que se completa en un contenedor o en el interior (Havelaar, L'Hermite, & Strauch, 1985).

2.2.15 Sistemas abiertos

Los sistemas abiertos se utilizan ampliamente por su sencillez, viabilidad técnica y económica. Contienen pilas o montones de sustratos a compostar (pueden

protegerse de factores meteorológicos al aire libre o bajo techo) se distinguen dos sistemas fundamentales, pilas móviles y pilas estáticas (Tortosa, 2015).

2.2.15.1 Pila móvil o de volteo mecánico

Los sistemas de pila móvil debido a la necesidad de mover la masa durante el volteo requieren más espacio dado que requieren una aireación regular, no pueden mantener un nivel de oxigenación constante, por lo que el desarrollo del proceso es más lento que el de los sistemas de ventilación (Tortosa, 2015).

2.2.15.2 Pila estática con ventilación forzada

En el método de compostaje estático con ventilación forzada, el método de apilamiento de materiales es el mismo que el sistema anterior, pero una vez formadas las pilas, los materiales no serán removidos del sitio. La ventilación del sistema va suministrando aire bajo una cierta presión, para disminuir el aumento de temperatura, se diseña un sistema de inyección de aire en función de la temperatura (Tortosa, 2015).

2.2.16 Sistemas cerrados

Este método se utiliza a menudo a nivel familiar. La técnica del contenedor tiene una serie de características que facilitan su replicación ya que evita el ingreso de agua de lluvia, protege el material de los fuertes vientos y facilita el trabajo de giro o volteo, además permite controlar la invasión de vectores (Román et al., 2013)

En la opinión de Román et al., (2013), en América Latina se suelen utilizar baldes de plástico de 220 lt, que pueden utilizarse como contenedor de abono con algunas modificaciones menores este proceso lleva menos tiempo que el de una pila. Dependiendo de la temperatura ambiente y la materia prima, el producto puede alcanzar la madurez en un plazo de cuatro a diez semanas.

2.2.17 Compostadores mecánicos

Estos compostadores son cilíndricos cuentan con mecanismos manuales o motorizados que permiten el movimiento o mezcla de materiales de compostaje su costo es moderado, los residuos se introducen conforme se van generando hasta alcanzar su capacidad máxima o la descomposición completa de los residuos, la extracción es manual y la aireación del material se realiza durante el movimiento de rotación (Earth Green, 2013).

2.2.18 Compostadores automáticos

Son de uso doméstico y comercial tienen la capacidad de manejar los residuos generados por varios hogares y a gran escala industrial las formas de los compostadores automáticos encontrados son rectangulares, de cilindro vertical u horizontal. El sistema de control permite airear, mezclar y controlar el material para temperaturas excesivas.

2.2.19 Modelado del proceso

La parte del modelado de proceso aplicado al proyecto de compostador es para modelar la comunicación entre sensores, placa de desarrollo Arduino y diferentes actuadores que intervendrán en los mecanismos utilizados se describirá cómo funcionan los sensores, dispositivos y mecanismos electrónicos que se activarán o desactivarán para realizar tareas específicas, explicando cómo interactúa la información.

2.2.20 Selección de sensores, dispositivos electrónicos y materiales

Para la elección de los componentes se debe tomar en cuenta su diseño, características y compatibilidad con la placa Arduino. Para el desarrollo del proyecto con la placa Arduino se puede utilizar una variedad de componentes electrónicos

para lograr el mismo propósito, sin embargo, los componentes elegidos son ideales para resolver las necesidades del compostador.

2.2.20.1 Arduino

Arduino es una plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica de hardware libre que contiene un microcontrolador reprogramable y varios pines hembra, estos permiten establecer conexiones entre el microcontrolador y los distintos sensores y actuadores de una manera muy sencilla (Arduino, 2013).

2.3 Marco legal

2.3.1 Constitución de la Republica del Ecuador: Registro Oficial No 449

Título II. DERECHOS. Capítulo II. Sección II. AMBIENTE SANO.

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay* (Asamblea Constituyente de Montecristi, 2008, p. 3).

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua (Asamblea Constituyente de Montecristi, 2008, p. 3).

Capítulo VII. DERECHOS DE LA NATURALEZA.

Art. 71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos (Asamblea Constituyente de Montecristi, 2008, p. 12).

Título VI. Régimen de desarrollo. Capítulo I. Principios generales

Art. 276. El régimen de desarrollo tendrá entre sus objetivos: *“Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural”* (Asamblea Constituyente de Montecristi, 2008, p. 37).

Capítulo II. Biodiversidad y recursos naturales. Sección I. Naturaleza y ambiente

Art. 395.- La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales: *“Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional”* (Asamblea Constituyente de Montecristi, 2008, p. 51).

2.3.2 Plan Nacional de Desarrollo 2017 – 2021 Toda una Vida: Resolución N.º CNP-003-2017

Eje 1. Derecho para todos durante toda la vida.

Objetivo 3: "Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones" (Consejo Nacional de Planificación, 2017, p. 37).

Política 3.4: "Promover buenas prácticas que aporten a la reducción de la contaminación, la conservación, la mitigación y la adaptación a los efectos del

cambio climático, e impulsar las mismas en el ámbito global" (Consejo Nacional de Planificación, 2017, p. 66).

Política 3.7: "Incentivar la producción y consumo ambientalmente responsable, con base en los principios de la economía circular y bio-economía, fomentando el reciclaje y combatiendo la obsolescencia programada"(Consejo Nacional de Planificación, 2017, p. 66).

2.3.3 Código Orgánico del Ambiente: Registro Oficial Suplemento 983 de 12-abr.-2017

TITULO II. DE LOS DERECHOS, DEBERES Y PRINCIPIOS AMBIENTALES

Art. 4.- Disposiciones comunes. Las disposiciones del presente Código promoverán el efectivo goce de los derechos de la naturaleza y de las personas, comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y colectivos a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, de conformidad con la Constitución y los instrumentos internacionales ratificados por el Estado, los cuales son inalienables, irrenunciables, indivisibles, de igual jerarquía, interdependientes, progresivos y no se excluyen entre sí (Ministerio del Ambiente y Agua, 2017, p. 12).

Art. 7.- Deberes comunes del Estado y las personas. Son de interés público y por lo tanto deberes del Estado y de todas las personas, comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades y colectivos, los siguientes:

1. Respetar los derechos de la naturaleza y utilizar los recursos naturales, los bienes tangibles e intangibles asociados a ellos, de modo racional y sostenible;
2. Proteger, conservar y restaurar el patrimonio natural nacional, los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país;
3. Crear y fortalecer las condiciones para la implementación de medidas de mitigación y adaptación al cambio climático;
4. Prevenir, evitar y reparar de forma integral los daños y pasivos ambientales y sociales; e,
5. Informar, comunicar o denunciar ante la autoridad competente cualquier actividad contaminante que produzca o pueda producir impactos o daños ambientales.

Art. 9.- Principios ambientales. En concordancia con lo establecido en la Constitución y en los instrumentos internacionales ratificados por el Estado, los principios ambientales que contiene este Código constituyen los fundamentos conceptuales para todas las decisiones y actividades públicas o privadas de las personas, comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y colectivos, en relación con la conservación, uso y manejo sostenible del ambiente (Ministerio del Ambiente y Agua, 2017, p. 13).

TITULO III. REGIMEN DE RESPONSABILIDAD AMBIENTAL

Art. 10.- De la responsabilidad ambiental. El Estado, las personas naturales y jurídicas, así como las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades, tendrán la obligación jurídica de responder por los daños o impactos ambientales que hayan causado, de conformidad con las normas y los principios ambientales

establecidos en este Código (Ministerio del Ambiente y Agua, 2017, p. 15).

Art. 11.- Responsabilidad objetiva. De conformidad con los principios y garantías ambientales establecidas en la Constitución, toda persona natural o jurídica que cause daño ambiental tendrá responsabilidad objetiva, aunque no exista dolo, culpa o negligencia.

Los operadores de las obras, proyectos o actividades deberán mantener un sistema de control ambiental permanente e implementarán todas las medidas necesarias para prevenir y evitar daños ambientales, especialmente en las actividades que generan mayor riesgo de causarlos.

CAPITULO III DE LA REGULARIZACION AMBIENTAL

Art. 173.- De las obligaciones del operador. El operador de un proyecto, obra y actividad, pública, privada o mixta, tendrá la obligación de prevenir, evitar, reducir y, en los casos que sea posible, eliminar los impactos y riesgos ambientales que pueda generar su actividad. Cuando se produzca algún tipo de afectación al ambiente, el operador establecerá todos los mecanismos necesarios para su restauración (Ministerio del Ambiente y Agua, 2017, p. 51).

El operador deberá promover en su actividad el uso de tecnologías ambientalmente limpias, energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto, prácticas que garanticen la transparencia y acceso a la información, así como la implementación de mejores prácticas ambientales en la producción y consumo.

CAPITULO V. CALIDAD DE LOS COMPONENTES ABIOTICOS Y ESTADO DE LOS COMPONENTES BIOTICOS

Art. 190.- De la calidad ambiental para el funcionamiento de los ecosistemas. Las actividades que causen riesgos o impactos ambientales en el territorio nacional deberán velar por la protección y conservación de los ecosistemas y sus componentes bióticos y abióticos, de tal manera que estos impactos no afecten a las dinámicas de las poblaciones y la regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos, o que impida su restauración (Ministerio del Ambiente y Agua, 2017, p. 54).

Art. 197.- Actividades que afecten la calidad del suelo. Las actividades que afecten la calidad o estabilidad del suelo, o que puedan provocar su erosión, serán reguladas, y en caso de ser necesario, restringidas. Se priorizará la conservación de los ecosistemas ubicados en zonas con altas pendientes y bordes de cuerpos hídricos, entre otros que determine la Autoridad Ambiental Nacional (Ministerio del Ambiente y Agua, 2017, p. 56).

TITULO V. GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS Y DESECHOS. CAPITULO I. DISPOSICIONES GENERALES

Art. 226.- Principio de jerarquización. La gestión de residuos y desechos deberá cumplir con la siguiente jerarquización en orden de prioridad:

1. Prevención;
2. Minimización de la generación en la fuente;

3. Aprovechamiento o valorización;
4. Eliminación; y,
5. Disposición final.

La disposición final se limitará a aquellos desechos que no se puedan aprovechar, tratar, valorizar o eliminar en condiciones ambientalmente adecuadas y tecnológicamente factibles.

La Autoridad Ambiental Nacional, así como los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales o Metropolitanos, promoverán y fomentarán en la ciudadanía, en el marco de sus competencias, la clasificación, reciclaje, y en general la gestión de residuos y desechos bajo este principio (Ministerio del Ambiente y Agua, 2017, p. 61).

CAPITULO II. GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS Y DESECHOS SOLIDOS NO PELIGROSOS.

Art. 228.- De la política para la gestión integral de residuos sólidos no peligrosos. La gestión de los residuos sólidos no peligrosos, en todos los niveles y formas de gobierno, estará alineada a la política nacional dictada por la Autoridad Ambiental Nacional y demás instrumentos técnicos y de gestión que se definan para el efecto (Ministerio del Ambiente y Agua, 2017, p. 62).

Art. 229.- Alcance y fases de la gestión. La gestión apropiada de estos residuos contribuirá a la prevención de los impactos y daños ambientales, así como a la prevención de los riesgos a la salud humana asociados a cada una de las fases. Las fases de la gestión integral de residuos sólidos no peligrosos serán determinadas por la Autoridad Ambiental Nacional.

Art. 231.- Obligaciones y responsabilidades. Serán responsables de la gestión integral de residuos sólidos no peligrosos a nivel nacional, los siguientes actores públicos y privados:

1. La Autoridad Ambiental Nacional como ente rector que dictará políticas y lineamientos para la gestión integral de residuos sólidos en el país y elaborará el respectivo plan nacional. Asimismo, se encargará de la regulación y control;
2. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales o Metropolitanos serán los responsables del manejo integral de residuos sólidos no peligrosos y desechos sanitarios generados en el área de su jurisdicción, por lo tanto, están obligados a fomentar en los generadores alternativas de gestión, de acuerdo con el principio de jerarquización, así como la investigación y desarrollo de tecnologías. Estos deberán establecer los procedimientos adecuados para barrido, recolección y transporte, almacenamiento temporal de ser el caso, acopio y transferencia, con enfoques de inclusión económica y social de sectores vulnerables. Deberán dar tratamiento y correcta disposición final de los desechos que no pueden ingresar nuevamente en un ciclo de vida productivo, implementando los mecanismos que permitan la trazabilidad de estos. Para lo cual, podrán conformar mancomunidades y consorcios para ejercer esta responsabilidad de conformidad con la ley. Asimismo, serán responsables por el desempeño de las personas contratadas por ellos, para efectuar la gestión de residuos y desechos sólidos no peligrosos y sanitarios, en cualquiera de sus fases.

3. Los generadores de residuos, en base al principio de jerarquización, priorizarán la prevención y minimización de la generación de residuos sólidos no peligrosos, así como el adecuado manejo que incluye la separación, clasificación, reciclaje y almacenamiento temporal; en base a los lineamientos establecidos en la política nacional y normas técnicas.

4. Los gestores de residuos no peligrosos que prestan el servicio para su gestión en cualquiera de sus fases, serán responsables del correcto manejo, para lo cual deberán enmarcar sus acciones en los parámetros que defina la política nacional en el cuidado ambiental y de la salud pública, procurando maximizar el aprovechamiento de materiales (Ministerio del Ambiente y Agua, 2017, p. 62).

2.3.4 Reglamento al Código Orgánico del Ambiente: Registro Oficial N° 507

SECCIÓN 3ª. GENERACIÓN Y FASES DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS.

Art. 586.- Fases de la gestión integral. - Las fases de la gestión integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos son el conjunto de actividades técnicas y operativas de la gestión integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos que incluye (Ministerio del Ambiente y Agua, 2019b, p. 91):

- a) Separación en la fuente;
- b) Almacenamiento temporal;
- c) Barrido y limpieza;
- d) Recolección;
- e) Transporte;
- f) Acopio y/o transferencia;
- g) Aprovechamiento;
- h) Tratamiento; y,
- i) Disposición final.

Art. 587.- Separación en la fuente. - La separación en la fuente es la actividad de seleccionar y almacenar temporalmente en su lugar de generación los diferentes residuos y desechos sólidos no peligrosos, para facilitar su posterior almacenamiento temporal y aprovechamiento.

Art. 593.- Aprovechamiento. - El aprovechamiento es el conjunto de acciones y procesos mediante los cuales, a través de un manejo integral de los residuos sólidos, los materiales recuperados se incorporan al ciclo económico y productivo por medio de la reutilización, reciclaje, generación de energía o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, sociales, ambientales y económicos (Ministerio del Ambiente y Agua, 2019b, p. 92).

SECCIÓN 5ª. RECICLAJE INCLUSIVO

Art. 608.- Actores del reciclaje inclusivo. - Los actores del reciclaje inclusivo son aquellas personas naturales o jurídicas, públicas, privadas o mixtas, nacionales o extranjeras, vinculadas a la gestión integral de residuos sólidos no peligrosos y a las actividades del reciclaje, entre ellos: (Ministerio del Ambiente y Agua, 2019b, p. 95)

- a) Autoridad Ambiental Nacional;

- b) Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales y Metropolitanos;
- c) Instituciones del sector público;
- d) Recicladores de base de forma individual o colectiva en agrupaciones;
- e) Empresas privadas.

2.3.5 Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización: Registro Oficial N° 303

Capítulo II. Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial. Sección primera. Naturaleza jurídica, sede y funciones.

Art. 42.- Competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado provincial. - Los gobiernos autónomos descentralizados provinciales tendrán las siguientes competencias exclusivas, sin perjuicio de otras que se determinen (Código Orgánico de Organización Territorial, 2010, p. 15):

- d) La gestión ambiental provincial;

Art. 55.- Competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado municipal (Código Orgánico de Organización Territorial, 2010, p. 19).

- d) Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley;

Art. 431.- De la Gestión Integral del manejo ambiental. Los gobiernos autónomos descentralizados de manera concurrente establecerán las normas para la gestión integral del ambiente y de los desechos contaminantes que comprende la prevención, control y sanción de actividades que afecten al mismo.

Si se produjeran actividades contaminantes por parte de actores públicos o privados, el gobierno autónomo descentralizado impondrá los correctivos y sanciones a los infractores sin perjuicio de la responsabilidad civil y penal a que hubiera lugar y pondrán en conocimiento de la autoridad competente el particular, a fin de exigir el derecho de la naturaleza contemplado en la Constitución (Código Orgánico de Organización Territorial, 2010, p. 81).

2.3.6 NTE INEN 236:2013 Fertilizantes o abonos. Determinación de la acidez libre

Objeto: Esta norma tiene por objeto establecer el método para determinar la acidez libre y su respectivo índice en fertilizantes (NTE INEN, 2013c).

Elemento	Valor mínimo	Valor máximo
pH	6,5	8,5

2.3.7 Manual técnico para el registro y control de fertilizantes, enmiendas de suelo y productos afines de uso agrícola

Objetivo: Establecer los requisitos y procedimientos para el registro y control de personas naturales y/o jurídicas, públicas y/o privadas, que fabriquen, formulen, envasen, importen, exporten, distribuyan y comercialicen fertilizantes, enmiendas de suelo y productos afines de uso agrícola en el territorio

ecuatoriano, y los requisitos y procedimientos para el registro y control de fertilizantes, enmiendas de suelo y productos afines de uso agrícola (Suárez, 2020, p. 33) .

Elemento	Valor mínimo	Valor máximo
Carbono orgánico	10 %	20 %

2.3.8 NTE INEN 2025:2013 Fertilizantes o abonos. Determinación del nitrógeno total conteniendo nitratos.

Objeto: Esta norma establece el método para determinar el contenido de nitrógeno total libre de nitratos en fertilizantes o abonos (NTE INEN, 2013d).

Elemento	Valor mínimo	Valor máximo
Nitrógeno	0,3 %	1,5 %

2.3.9 NTE INEN 233:2013 Fertilizantes o abonos. Determinación cuantitativa del fósforo.

Objeto: Esta norma tiene por objeto establecer el método para la determinación cuantitativa del fósforo en fertilizantes (NTE INEN, 2013a).

Elemento	Valor mínimo	Valor máximo
Fósforo	0,1 %	1 %

2.3.10 NTE INEN 235:2013 Fertilizantes o abonos. Determinación del potasio soluble en agua.

Objeto: Esta norma tiene por objeto establecer los métodos cuantitativos para determinar el contenido de potasio soluble en agua (NTE INEN, 2013b)

Elemento	Valor mínimo	Valor máximo
Potasio	0,3 %	1 %

2.3.11 Manual técnico para el registro y control de fertilizantes, enmiendas de suelo y productos afines de uso agrícola

Objetivo: Establecer los requisitos y procedimientos para el registro y control de personas naturales y/o jurídicas, públicas y/o privadas, que fabriquen, formulen, envasen, importen, exporten, distribuyan y comercialicen fertilizantes, enmiendas de suelo y productos afines de uso agrícola en el territorio ecuatoriano, y los requisitos y procedimientos para el registro y control de fertilizantes, enmiendas de suelo y productos afines de uso agrícola (Suárez, 2020, p. 33).

Elemento	Valor
Contenido de M. O	≥ 20 %

3. Materiales y métodos

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

3.1.1.1 Investigación aplicada

Según Abarza (2012) en la investigación aplicada, “el investigador busca solucionar un problema conocido y hallar respuestas a preguntas puntuales. En otras palabras, la investigación aplicada enfatiza la resolución práctica de problemas”. Esta investigación se considera aplicada porque busca solucionar un problema existente con alto impacto en la contaminación ambiental como es la acumulación de residuos orgánicos y su mala disposición, aprovechándose de estos para generar compost.

3.1.1.2 Investigación descriptiva

De acuerdo con la clasificación propuesta por Grajales (2000), el nivel de conocimiento en la investigación es de tipo descriptivo, y su propósito es desarrollar su representación (descripción) a partir de las características del fenómeno investigado. Esta metodología se utilizó para describir, registrar, analizar e interpretar el problema ambiental; provocados por el manejo y disposición inadecuada de residuos sólidos en el mercado.

Para llevar a cabo este trabajo de investigación se consideró la información obtenida en campo y los datos referentes al mercado municipal de Pascuales ubicado en la parroquia Pascuales de la ciudad de Guayaquil.

3.1.2 Diseño de investigación

Según Hernández Sampieri et al., (2014), La investigación no experimental se puede definir como la investigación realizada sin manipular deliberadamente las variables. En otras palabras, se trata de estudios en los que las variables

independientes no se modifican intencionadamente para ver su efecto sobre otras variables. El estudio comprende el diseño de investigación de carácter no experimental, debido a que no se manipulará las variables en estudio, se controlará la degradación del proceso de elaboración del compost en su contexto natural a fin de determinar la eficiencia del sistema de compostaje automatizado propuesto para su posterior descripción.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

Las variables de estudio se muestran a continuación.

3.2.1.1 Variable independiente

Cantidad de residuos sólidos orgánicos (kg)

Tipos de residuos sólidos orgánicos

Temperatura (°C)

Humedad (%)

3.2.1.2 Variable dependiente

Parámetros para comprobar la calidad del compost obtenido

- pH
- Carbono
- Contenido de materia orgánica
- Nitrógeno
- Fósforo
- Potasio

3.2.2 Recolección de datos

3.2.2.1 Recursos

Los recursos son todos los materiales y herramientas necesarias que se utilizaron para realizar este trabajo de investigación, cada método aplicado se describe en detalle a continuación.

Tabla 2. Recursos materiales

Recursos	Valor (\$)
Tanque de polietileno de alta densidad 50 (gal)	20
Tubo de acero galvanizado (1 in x 130 cm)	3
Sensor de humedad capacitivo v1.2	3
Sensor de temperatura ds18b20	5
Placa de desarrollo Arduino nano	9
Bomba sumergible Qmax 240 L / H	12
Extractor (6 in) 110 v	7
Sistema de monitoreo (lcd, pulsador, relé, resistencias, transistores, potenciómetro, reloj, cables y fuente 12 v)	25
Placa PCB impresa en baquelita 11,5 cm x 11.05 cm	15
Motor de lavadora capacidad (1/2 HP) 110 v	20
Soporte del chasis 56 cm x 110 cm	10
Manija	1
Bisagras	1
Banda dentada (19 in)	5
Chumacera (1 in)	3
Total	140

Recursos para la elaboración del sistema de compostaje.
Fernández y Vásconez, 2021

Equipos de campo

Para la caracterización de la muestra se utilizó fichas de control y observación, bolígrafos, calculadora, balanza, teléfono móvil y equipos de protección personal.

3.2.2.2 Métodos y técnicas

Objetivo 1; Diagnosticar la gestión actual del manejo de residuos sólidos mediante encuestas en el mercado municipal de Pascuales.

A fin de diagnosticar la gestión actual de residuos sólidos, se llevó a cabo una encuesta. Esta fue dirigida respectivamente al personal de ventas (comerciantes) y su conocimiento respecto a los problemas ambientales que representa la disposición inadecuada de los residuos. Se realizó mediante un muestreo aleatorio en función del número de individuos presentes en el área de estudio, para obtener una visión general de la situación del mercado; incluyendo una evaluación dirigida para conocer cómo las entidades municipales gestionan los servicios de almacenamiento, recolección y limpieza que brinda el municipio; además de la cooperación y / o respuesta de la población a esta situación.

Procedimiento para aplicar las encuestas

El cuestionario va dirigido a personas entre 18 y 65 años, se efectuó una encuesta con 10 preguntas de opción múltiple dirigida a un representante por local, para recopilar información sobre los servicios de manejo de residuos sólidos y disposición de estos, que se realizan en el mercado municipal de Pascuales (Ver Anexo 2).

Objetivo 2; Caracterizar los residuos sólidos orgánicos generados en el mercado municipal de Pascuales mediante método de cuarteo.

El número de locales pertenecientes al área de estudio se determinó mediante trabajo de campo y observaciones, lo cual se debe a la falta de información existente sobre el mercado municipal de Pascuales.

El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente CEPIS-OPS (OPSOMS, 1983) recomienda un método para caracterizar los residuos sólidos en países de América Latina y el Caribe con base en el diseño del Dr. Sakurai Kunitoshi donde elaboró un documento llamado Hoja de divulgación técnica N° 97 donde hace referencia a los procedimientos estadísticos necesarios para los estudios de caracterización de residuos sólidos (Cantanhede, Monge, Sandoval Alvarado, & Caycho Chumpitaz, 2009).

Tipo de actividad por locales

Los locales comerciales que contiene las instalaciones del mercado municipal de Pascuales están delimitados por el tipo de actividades que realizan, existen numerosos comerciantes que generan distintos tipos de residuos sólidos. No existe investigación previa en el área de estudio referente al tipo de actividad comercial existente, por lo tanto, se utilizó como dato la información obtenida en la encuesta y sondeo de campo.

Determinación residuos promedio por local

Puede entenderse como los residuos sólidos generados por cada local, que es un indicador relacionado con el proceso de producción, consumo y patrones de población del país.

En este estudio se determinó la generación promedio por local para calcular se aplicará la siguiente fórmula:

$$GPL = \frac{\text{Total kg de peso recolectados}}{\text{días de muestreo}}$$

Donde:

GPL = Generación de residuos promedio por local (kg/local).

Determinación del volumen de los residuos

El volumen es una propiedad de la materia en general y se puede definir como el espacio que ocupa un cuerpo determinado. Para obtener el volumen del cuerpo, considere su geometría y aplique la fórmula según el tipo de recipiente utilizado para la muestra (Cárdenas, 2015).

$$V = h \times r^2 \times \pi$$

V = volumen del cilindro (m³).

h = altura del cilindro (m).

r = radio (m).

Pasos para calcular el volumen de residuos

1. Para calcular el volumen de residuos se utilizó el espacio que ocupa en el cilindro. Se midió la altura del recipiente y el radio que presenta el mismo.
2. Luego, se reemplazó la fórmula de volumen con los datos y calcular en m³.

Determinación de la densidad de los residuos

La densidad se conoce como la cantidad de masa que ocupa cierto volumen. Se deben determinar el valor básico de los contenedores de pre-recolección y los equipos de recolección y transporte son la base para predecir la demanda de áreas de almacenamiento de residuos (Cárdenas, 2015).

Para calcular la densidad se usó la siguiente fórmula, para cada uno de los residuos comerciales:

$$\text{Densidad (S)} = \frac{W}{V} = \frac{W}{\pi \times r^2 \times h}$$

Donde:

S = Densidad de los residuos sólidos (kg/m³)

W = Peso de los residuos sólidos (kg)

V = Volumen del residuo sólido (m³)

h = Altura total del cilindro (m)

π = Constante (3.1416)

r = radio (m).

Pasos para el cálculo de la densidad

1. Se pesó el recipiente vacío y se determinó su volumen utilizando un recipiente con capacidad de 50 gal y con lados homogéneos se procedió a medir la altura y diámetro del recipiente cilíndrico.

2. Se llenó el recipiente con los residuos orgánicos de las bolsas previamente registradas y pesadas, manteniendo el registro de las bolsas.

3. Una vez lleno el recipiente, se levantó el cilindro 10 cm sobre la superficie y se lo dejó caer, se repitió esta acción por tres veces, con la finalidad de uniformizar la muestra llenando los espacios vacíos del cilindro.

4. Se llenó nuevamente el recipiente con los residuos sólidos orgánicos recolectados hasta el tope, se debe tener precaución en no presionar ya que así se evita alterar los valores.

5. Se pesó el recipiente lleno y por diferencia se obtuvo el peso de la basura.

6. Se dividió el peso de la basura entre el volumen del recipiente para obtener la densidad de la basura.

Determinación de la composición física de los residuos

Es un grupo de componentes en los residuos sólidos, estos son metales, papel, materia orgánica, plásticos, etc (Ministerio del Ambiente Perú, 2020).

Pasos para el cálculo de la composición física

1. Se utilizó la muestra de un día; los residuos se colocaron en un área pavimentada o en un plástico grande para no agregar tierra a los residuos.
2. Romper las bolsas y verter el desecho formando un montón. Para homogeneizar la muestra, picar los residuos más grandes hasta que alcancen un tamaño manejable; puede ser de 15 cm o menos.
3. La estaca se dividió en cuatro partes (método de cuarteo) y se eligieron las dos partes opuestas para formar una nueva estaca más pequeña.
4. Volver a mezclar la muestra menor y dividir en cuatro partes nuevamente, luego escoger dos opuestas y formar otra muestra más pequeña. Esta operación se repitió hasta obtener una muestra de 50 kg de basura o menos.
5. Se separó los componentes del último montón y se clasificó por: frutas y vegetales, papel y cartón, madera y residuos de plantas, restos de alimentos, plásticos, metales, vidrio, otros (caucho, cuero, tierra, etc.).
6. Se trozó los residuos sólidos orgánicos a un tamaño aproximado de 1-3 cm para facilitar su degradación.

Este proceso se repitió diariamente con las muestras recolectadas, con la finalidad de obtener una fracción de residuos que fueron depositados al compostador para iniciar con el proceso de compostaje.

Determinación de la Composición de los Residuos

Se usó la fórmula propuesta por Ministerio del Ambiente Perú (2020).

$$\text{Porcentaje (\%)} = \frac{P_i}{W_t} \times 100$$

Donde:

Pi: peso de cada componente

Wt: total de residuos recolectados en un día

Pasos para la determinar la composición de residuos

1. Se clasificó los componentes en recipientes pequeños. Se pesaron los recipientes pequeños vacíos en una balanza antes de empezar la clasificación.
2. Se pesó los recipientes con los diferentes componentes una vez concluida la clasificación y por diferencia se determinó el peso de cada uno de los componentes.
3. Se calculó el porcentaje de cada componente teniendo en cuenta los datos del peso total de los residuos recolectados en un día (W_t) y el peso de cada componente (P_i).

Objetivo 3; Desarrollar un sistema de compostaje automatizado óptimo para los residuos sólidos orgánicos que se generan en el mercado municipal de Pascuales.

Se desarrolló un modelo de compostador en el que los residuos orgánicos que se generen se puedan introducir sin ningún problema y retirar después de que se complete el proceso de compostaje.

Hay muchos materiales que se pueden usar como contenedores de compost, existen dos modelos básicos de disposición de contenedores: vertical (continuo/ estático) y horizontal (discontinuo /dinámico) (Román et al., 2013).

La disposición horizontal es aquella en la que el contenedor descansa sobre su eje longitudinal. Se dice que es discontinuo porque es un proceso “por lotes”: una vez que se carga el contenedor de compost, se debe dejar que finalice el proceso de compostaje para poder extraer el material antes de introducir una nueva carga. La ventaja de este sistema es que tiene una mejor distribución de la humedad y compactación gracias a su facilidad de giro, obteniendo un producto homogéneo (Román et al., 2013).

El modelo de compostador que se utilizó para este proyecto es de tipo horizontal a fin de conseguir una homogeneidad en el interior del sistema. Este modelo utilizado para generar compost muestra a lo largo de los años, que la demanda de procesamiento de residuos orgánicos ha seguido creciendo y la necesidad de tratar estos residuos para obtener beneficios a través de la producción de compost.

El diseño del modelo está compuesto por un tanque de polietileno de alta densidad de 50 gal de capacidad, chasis de madera (mesa de madera) adecuada para soportar el peso requerido, además de un eje rotatorio compuesto por 5 aspas 1 chumacera y 2 poleas accionadas por una banda dentada que permite facilitar la mezcla y volteo del material dentro del compostador (Ver Anexo 7).

Objetivo 4; Proponer un sistema de monitoreo mediante placa de desarrollo Arduino, sensores y actuadores en la cámara de compostaje para la automatización de los procesos.

El sistema de monitoreo tiene sensores de temperatura, humedad, ventilación, sistema rotatorio y riego, que fueron monitoreados por un microcontrolador Arduino que analizó la información y ejecutó acciones, esto permitió una descomposición adecuada de los residuos al interior del compostador. Los factores están interconectados para que operen de manera automatizada donde la temperatura máxima permitida durante la primera semana es 60 °C a partir de esa fase la temperatura máxima permitida es 50 °C. La temperatura mínima permitida durante el proceso fue de 35 °C y la temperatura óptima del proceso se mantuvo en 45 °C.

La humedad máxima permitida es 70 %, humedad mínima permitida es 40 % y la humedad óptima del proceso se mantuvo en 55 % hasta la fase de mesófila II.

A partir de la fase de maduración la temperatura y humedad óptima se estabilizó en una nueva programación.

El sistema de monitoreo muestra en el display LCD, la palabra "INICIANDO", fecha y hora y se debe actuar un pulsador para leer los datos de los sensores.

Si la temperatura es \geq a 60 °C se activa el ventilador para disminuir la temperatura hasta 50 °C siendo la temperatura óptima (durante la primera semana). La segunda semana la temperatura óptima del proceso es de 45 °C. Si la temperatura es \leq a 35 °C se detiene el sistema de riego y ventilación en caso de que estén activados para que la temperatura ascienda a 45 °C.

Si la humedad es \geq a 70 % se enciende el ventilador hasta llegar a 55 % de humedad. Si la humedad es \leq a 40 % se activa el sistema de riego hasta llegar a 55 % de humedad siendo este el porcentaje óptimo del proceso.

El eje rotatorio se activa tres veces al día: 9:00 am – 15:00 pm – 21:00 pm por 15 segundos.

El sistema está compuesto por varios componentes 1 Arduino nano con microcontrolador ATmega 328, 1 sensor de temperatura sumergible ds18b20, 1 sensor de humedad capacitivo v1.2, 3 relés que sirven como un interruptor mecánico dejando pasar la corriente y opera con voltajes bajos 5 V. Además de 3 transistores 2n2222a que regulan el flujo de corriente, 3 resistencias que se usan para variar los valores de intensidad y voltaje, 1 módulo reloj ds3231 se utiliza para obtener mediciones del tiempo e incluso en condiciones donde no se dispone de energía, 1 bomba de agua sumergible que opera a 12 V con Hmax de 300 cm y Qmax de 240 L / H, 1 LCD display 16x2, 1 pulsador manual para leer los datos de los sensores, 1 potenciómetro de 1 K sirve para ajustar la intensidad de la luz del led, 1 extractor reciclado que opera a 110 V a 1500 RPM, 1 motor reciclado con capacidad de ½ HP a 200 RPM, 1 placa PCB impresa en baquelita y 1 fuente de

12 V a 3 A se usó para alimentar la bomba y el microcontrolador Arduino nano (Ver Anexo 9).

Objetivo 5; Examinar pH, carbono, nitrógeno, fósforo, potasio y contenido de materia orgánica del compost obtenido mediante análisis de laboratorio para comprobar la calidad.

Examinar pH, carbono, nitrógeno, fósforo, potasio y contenido de materia orgánica permitió conocer la calidad del producto generado, a partir de los requisitos específicos en los parámetros a caracterizar y garantizar para abono orgánico establecidos en el documento denominado “Manual de compostaje del agricultor”, definiendo finalmente el uso del producto generado (Román et al., 2013).

Potencial hidrógeno (pH)

El pH del abono orgánico debe ser mayor a 6.5 y menor a 8.5 (determinado según NTE INEN 236:2013).

Carbono

El carbono total en abono orgánico debe ser mayor a 10 y menor a 20 según el Manual técnico para el registro y control de fertilizantes, enmiendas de suelo y productos afines de uso agrícola, para determinar la concentración de carbono orgánico en abono orgánico se aplicará el método gravimetría.

$$\text{Carbono orgánico (\%)} = \frac{\text{masa de carbono}}{\text{masa de la muestra}} \times 100$$

Nitrógeno

El nitrógeno total debe ser mayor a 0,3 % y menor a 1,5 % (NTE INEN 2025:2013).

$$N(\%) = \frac{(V_a N_a - V_b N_b) - (V_{ab} N_a - V_{bb} N_b)}{M} - 1,4$$

Donde:

V_a = volumen de solución de ácido sulfúrico o clorhídrico en la muestra

N_a = normalidad de ácido sulfúrico o clorhídrico en la muestra

V_b = volumen de hidróxido de sodio o de potasio gastados en la titulación de la muestra

N_b = normalidad del hidróxido de sodio o potasio usado para titular la muestra

V_{ab} = volumen (ml) de ácido sulfúrico o clorhídrico 0,3 N a 0,5 N usado en el blanco

V_{bb} = volumen (ml) de hidróxido de sodio o potasio 0,3 N a 0,5 N usado en el blanco

M = masa de la muestra (g)

1,4 = masa del miliequivalente de nitrógeno por 100

Fósforo

El fósforo en abono orgánico debe ser mayor a 0,1 % y menor a 1 % (determinado según NTE INEN 233:2013) para determinar la concentración de fósforo en abono orgánico se aplicó el método PEE.LASA.FQ.09c APHA 4500-P B y E.

$$\% P_2O_5 = \frac{(0,1348 V_s N_s - V_a - N_a) 250}{A \times m} \times \frac{142}{62}$$

Potasio

El potasio en abono orgánico debe ser mayor a 0,3 % y menor a 1 % (determinado según NTE INEN 235:2013) para determinar la concentración de

fósforo en abono orgánico se aplicó el método de Absorción Atómica - Llama EPA 7000 B*.

Disolver 1,907 g de cloruro de potasio, KCl, secado a 110 EC, en agua reactiva y diluir hasta 1 L con agua

Contenido de materia orgánica

El contenido de materia orgánica presente en el abono orgánico debe ser igual o mayor al 20 % (determinado según Manual técnico para el registro y control de fertilizantes, enmiendas de suelo y productos afines de uso agrícola) para determinar la concentración de fósforo en abono orgánico se aplicó el método gravimetría.

3.2.3 Análisis estadístico

En esta investigación se aplicó análisis estadístico descriptivo porque tiene como objetivo detallar el manejo y disposición de los residuos sólidos municipales, además de describir las características de producción per cápita, volumen, densidad y composición física de los mismos mediante el software Excel se pretende detallar los parámetros de control y expresar los resultados en tablas y gráficos estadísticos. Posteriormente se describe la construcción y ejecución del sistema cerrado de compostaje tipo horizontal en bidón propuesto por el Manual de Compostaje del Agricultor (2013).

Para detallar el manejo y disposición de los residuos sólidos municipales receptados, se tabuló los datos obtenidos en el registro de pesos diarios y se describió la composición de estos (Ver Tabla 5, Tabla 6 y Tabla 7).

Para los parámetros temperatura y humedad se aplicó las herramientas estadísticas como media aritmética, moda, máxima, mínima, varianza y desviación estándar.

La media aritmética se obtiene sumando todos los valores y dividiendo para n (Cárdenas González y Segovia Serna, 2011)

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 \dots x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

La desviación estándar se utiliza para medir el grado de dispersión entre los datos y el promedio de la muestra se obtiene mediante la siguiente fórmula (Torres, 2006).

$$s = \sqrt{s^2}$$

Para obtener el valor de la desviación estándar, se debe hallar la varianza, que se puede obtener mediante la siguiente fórmula:

$$s^2 = \frac{(x_1 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

4. Resultados

4.1 Diagnóstico de la gestión actual del manejo de residuos sólidos mediante encuestas en el mercado municipal de Pascuales.

Al momento de realizar el estudio el mercado se encontraba en remodelación de infraestructura por lo que solo el 50% de los locales comerciales estaban habilitados, se ejecutaron 50 encuestas. A continuación, se muestra los resultados obtenidos por cada pregunta elaborada al representante de cada puesto comercial.

En la Figura 5, se representan los resultados obtenidos de la pregunta número uno de la encuesta referente a la existencia de un plan de manejo de residuos en el mercado.

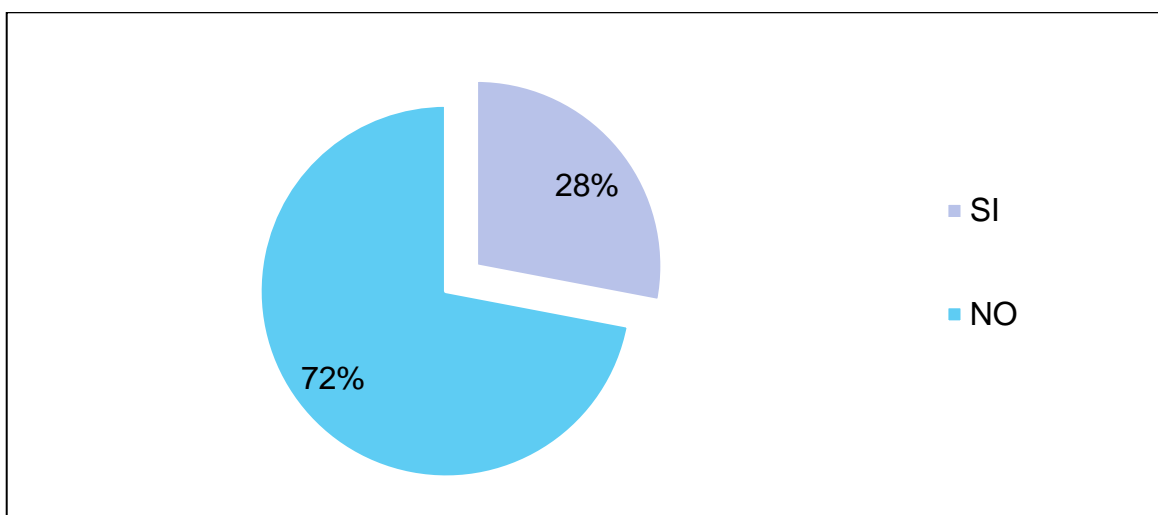


Figura 5. Resultados de la pregunta número uno ¿Considera usted que existe un plan de manejo de los residuos sólidos en el mercado municipal de Pascuales? Fernández y Vásconez, 2021

Como se observa en la Figura 5, los resultados muestran que, el 72 % de los encuestados coinciden que el mercado municipal de Pascuales no cuenta con un plan de manejo de los residuos sólidos, mientras que el 28 % considera que si cuenta con un plan de manejo de los residuos.

En la Figura 6, se representan los resultados obtenidos de la pregunta número dos de la encuesta referente a los tipos de residuos que genera cada local.

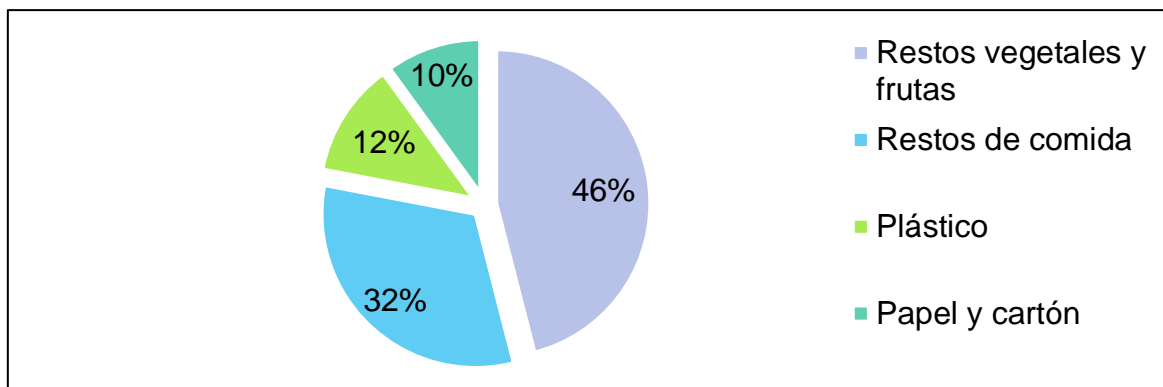


Figura 6. Resultados de la pregunta número dos ¿Qué tipo de residuos se generan en su negocio?

Fernández y Vásconez, 2021

Según la Figura 6 y en base a la clasificación de los locales comerciales en el mercado municipal de Pascuales se puede concluir que el 46 % de los residuos que se generan en el interior corresponden a restos de vegetales y frutas provenientes de los locales que expenden (frutas, verduras y hortalizas), 32 % a restos de comida (restaurantes, carnes y mariscos, etc.), el 12 % de los locales generan plástico (víveres y abastos) y el 10 % desechan papel y cartón pertenecientes a locales que comercializan víveres, abastos y productos plásticos.

En la Figura 7, se representan los resultados obtenidos de la pregunta número tres de la encuesta referente a la forma de almacenamiento de residuos sólidos de cada local.

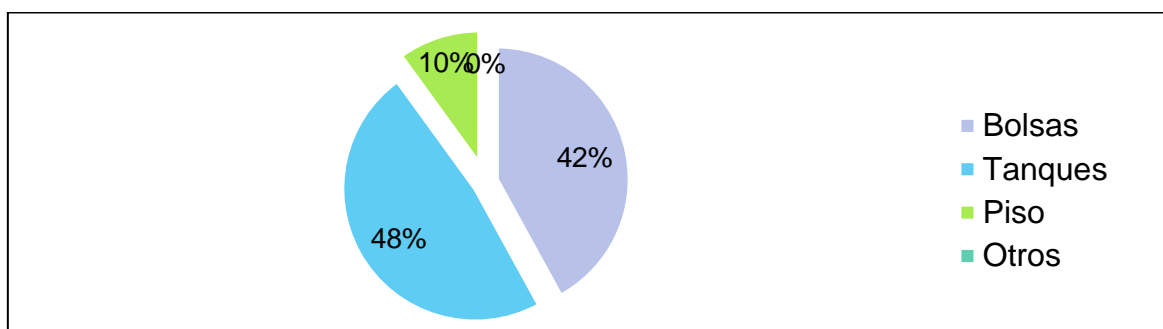


Figura 7. Resultados de la pregunta número tres ¿Dónde almacena habitualmente los residuos sólidos generados?

Fernández y Vásconez, 2021

Como se observa en la Figura 7, las respuestas obtenidas por los encuestados se pudo conocer que la administración del mercado no facilita contenedores de basura a cada local comercial, por esta razón cada representante posee una manera distinta de almacenar los residuos concluyendo que el 48 % de los locales comerciales almacena los residuos en tanques, el 42 % en bolsas plásticas, mientras que el 10 % mantiene los residuos en el piso hasta el final de la jornada laboral.

En la Figura 8, se representan los resultados obtenidos de la pregunta número cuatro de la encuesta referente a la presencia de contenedores de almacenamiento de residuos.

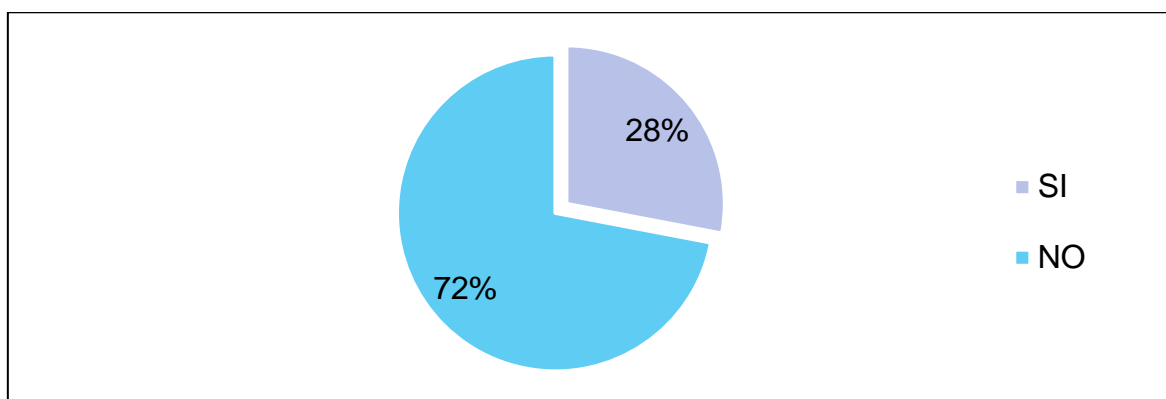


Figura 8. Resultados de la pregunta número cuatro ¿Considera usted que el mercado municipal de Pascuales está organizado con suficientes contenedores para almacenar los residuos sólidos?

Fernández y Vásconez, 2021

Como se observa en la Figura 8, el 72 % de los encuestados considera que el mercado no cuenta con suficientes contenedores para almacenar los residuos sólidos generados, desde otra perspectiva el 28 % coinciden que el mercado si cuenta con contenedores suficientes.

En la Figura 9, se representan los resultados obtenidos de la pregunta número cinco de la encuesta referente a la clasificación de los residuos sólidos de cada local.

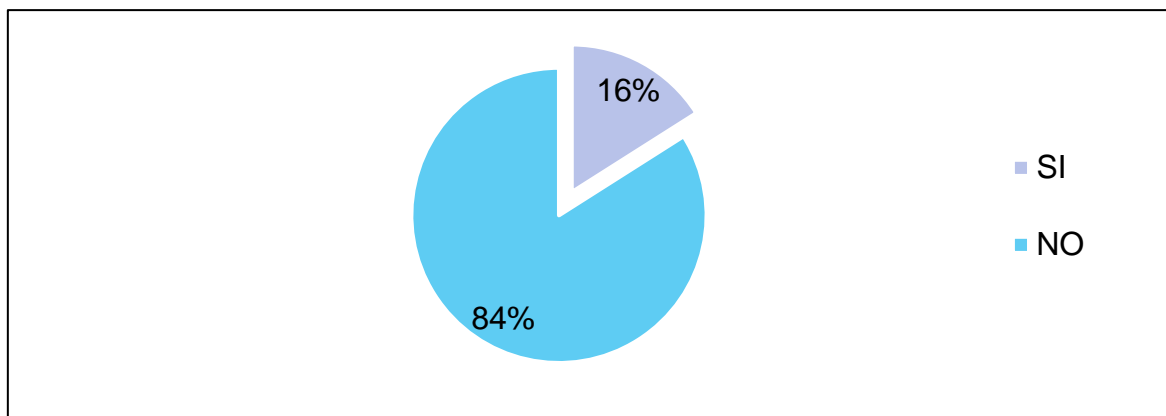


Figura 9. Resultados de la pregunta número cinco Una vez que se generan los residuos sólidos ¿Usted los clasifica?

Fernández y Vásconez, 2021

Como se refleja en la figura 9, el 84 % de los locales comerciales no clasifica los residuos que generan, mientras que el 16 % si lo realiza. Sin embargo, al momento de la recolección de basura el personal de limpieza mezcla los residuos y son depositados al único contenedor industrial que posee el mercado municipal de Pascuales.

En la Figura 10, se representan los resultados obtenidos de la pregunta número seis de la encuesta referente al manejo que reciben los residuos de parte de cada encargado de local.

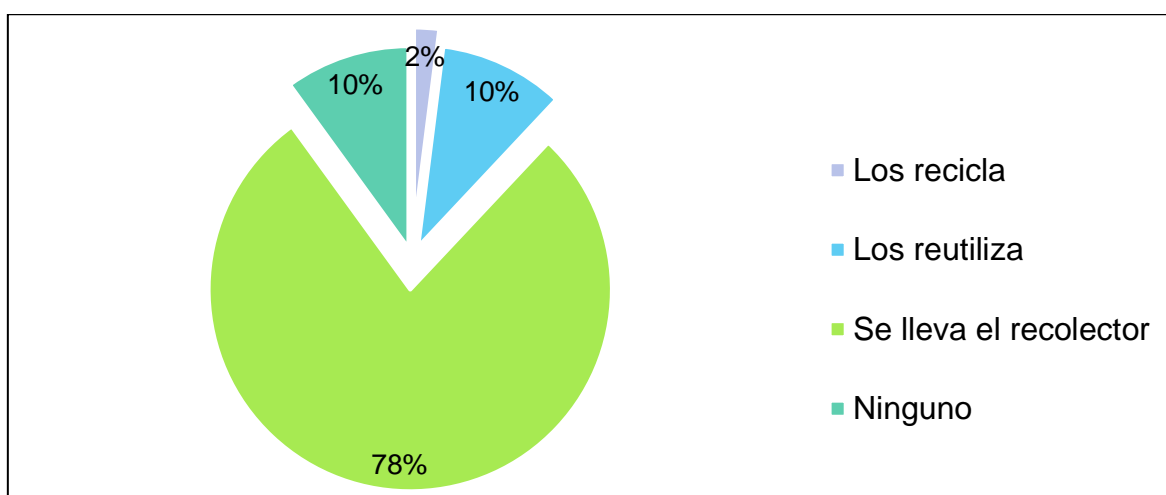


Figura 10. Resultados de la pregunta número seis ¿Cómo maneja los residuos sólidos en su negocio?

Fernández y Vásconez, 2021

Como se observa en la Figura 10, los residuos del 78 % de los locales comerciales se los lleva el recolector de basura (pagan una tasa de recolección), el 10 % de los locales comerciales reutiliza los residuos (fundas plásticas, cartones, cajas, etc.), el 10 % representa a ninguna de las acciones anteriores, debido a que estas personas llevan los residuos personalmente al contenedor ya que no están dispuestos a pagar la tasa de recolección, y el 2 % de los locales separan los residuos y los dirigen a una recicladora para obtener ganancias (botellas plásticas y cartones).

En la Figura 11, se representan los resultados obtenidos de la pregunta número siete de la encuesta referente al servicio de recolección de los residuos en el mercado.

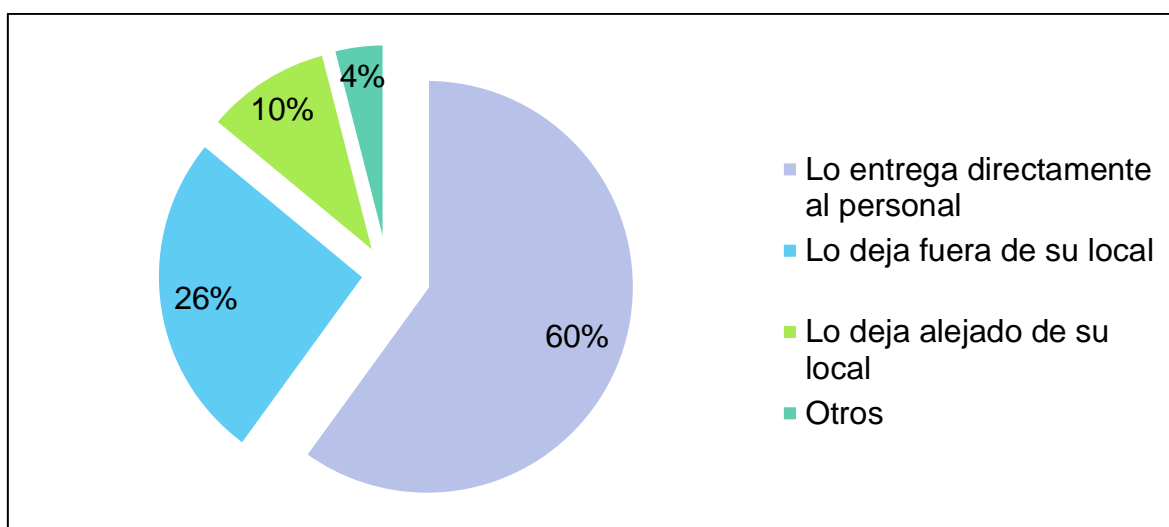


Figura 11. Resultados de la pregunta número siete ¿De qué forma entrega sus residuos al servicio de recolección municipal?

Fernández y Vásconez, 2021

De acuerdo con los resultados de la Figura 11, el 60 % de los locales comerciales entregan personalmente los residuos al personal de limpieza quienes lo dirigen al contenedor general, el 26 % deja los residuos fuera de su local hasta el final de la jornada laboral para posteriormente llevarlos al contenedor, el 10 % los deja alejado

de su local para separarlos y reciclarlos y el 4 % pertenece a los locales que no pagan la tasa de recolección de manera constante.

En la Figura 12, se representan los resultados obtenidos de la pregunta número ocho de la encuesta referente a la frecuencia de recolección de los residuos de cada local.

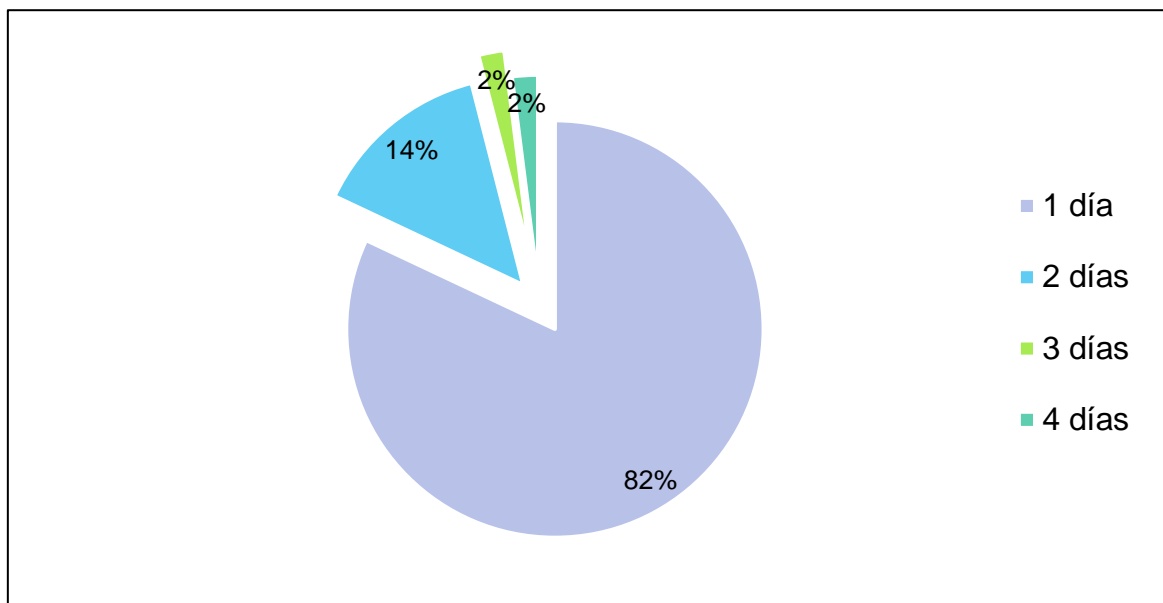


Figura 12. Resultados a la pregunta número ocho ¿Con qué frecuencia recoge los residuos sólidos de su negocio?
Fernández y Vásconez, 2021

Como se detalla en la Figura 12, se puede observar que el 82 % de los locales recogen los residuos diariamente debido a que en su mayoría son residuos putrescibles, (área de comedor, carnes y mariscos) el 14 % los recoge cada dos días ya que no contienen residuos que emanen malos olores de un día para otro (restos de frutas y vegetales), el 2 % recoge los residuos cada tres días y el otro 2 % los recoge cada cuatro días; estos dos últimos están compuestos por plásticos, cartones, papel, vidrio, etc.

En la Figura 13, se representan los resultados obtenidos de la pregunta número nueve de la encuesta referente a la presencia de vectores por acumulación de residuos en el mercado.

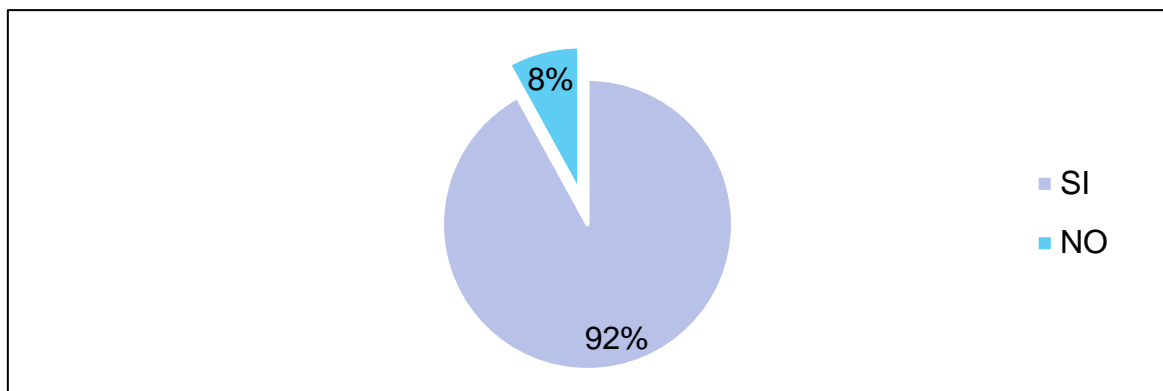


Figura 13. Resultados de la pregunta número nueve ¿Ha detectado la presencia de vectores (ratas, moscas, cucarachas, entre otros) por la acumulación de residuos en su negocio o a los alrededores?

Fernández y Vásconez, 2021

Como se observa en la Figura 13, el 92 % de los encuestados ha notado la presencia de vectores dentro y fuera de las instalaciones del mercado municipal de Pascuales debido a la acumulación de residuos y al manejo inadecuado de los mismos, tan solo el 8 % de los encuestados ha detectado la disminución de vectores a partir de las mejoras infraestructurales del mercado.

En la Figura 14, se representan los resultados obtenidos de la pregunta número 10 de la encuesta referente a la opinión de los encuestados sobre el diseño de un sistema de compostaje para aprovechar los residuos sólidos orgánicos que se generan en el mercado.

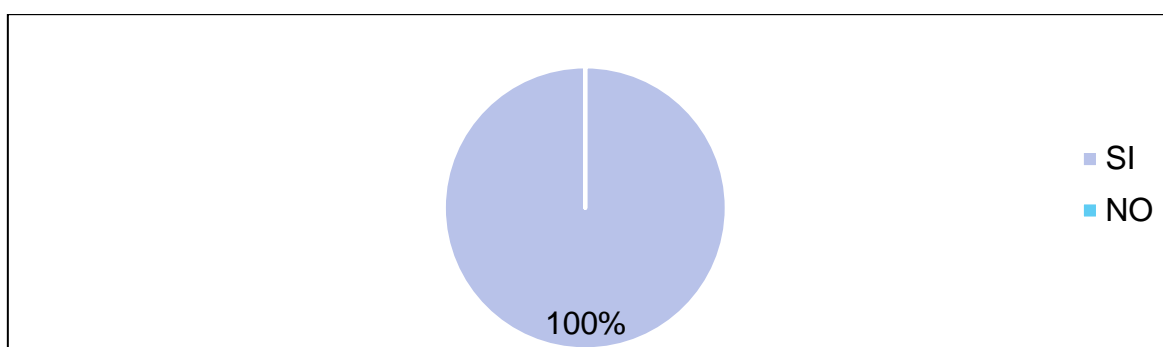


Figura 14. Resultados de la pregunta número 10 ¿Cree usted que es necesario diseñar un sistema de compostaje para aprovechar los residuos sólidos orgánicos que se generan en el mercado municipal de Pascuales

Fernández y Vásconez, 2021

En la Figura 14, se puede evidenciar que el 100 % de los encuestados están de acuerdo con diseñar un sistema de compostaje para aprovechar los residuos sólidos orgánicos o cualquier otra alternativa para mejorar el manejo de los residuos sólidos del mercado municipal de Pascuales.

4.1.1 Diagnóstico

Con los resultados obtenidos de la encuesta se pudo determinar que el manejo actual de residuos sólidos en el mercado municipal de Pascuales es ineficiente, con las respuestas de los encuestados se logró diagnosticar que el mercado no cuenta con un sistema de separación de residuos previo a la recolección, asimismo no hay una cantidad óptima de contenedores de basura para el almacenamiento de los residuos, también se pudo conocer que debido a que en algunos locales no existe una recolección diaria se ha notado la presencia de vectores en el interior y exterior de las instalaciones del mercado, esto se puede originar debido a la falta de recursos destinados al servicio de aseo cantonal, por la autoridad competente municipal.

4.2 Caracterización de los residuos sólidos orgánicos generados en el mercado municipal de Pascuales mediante método de cuarteo.

4.2.1 Tipo de actividad por locales

Se tuvo acceso a 35 locales habilitados en el mercado clasificados en: Frutas y verduras, víveres y abastos, plásticos teniendo en cuenta que no se permitió el acceso a los residuos generados por el área de comedor, carnes, mariscos y embutidos; debido al protocolo dispuesto en el mercado (Ver Anexo 4).

En la Tabla 3, se detalla la cantidad de locales de acuerdo con cada categoría en el mercado municipal de Pascuales.

Tabla 3. Clasificación por categoría

Categoría	Cantidad de locales
Frutas y verduras	23
Viveres y abastos	11
Plásticos	1
Total	35

Clasificación por categoría de locales.

Fernández y Vásconez, 2021

De acuerdo con la categorización realizada se registró que, en el mercado municipal de Pascuales la mayoría de los locales se dedican al comercio de frutas y verduras con un total de 23 locales habilitados, por otro lado, solo se registró un local habilitado para venta de productos de plásticos.

4.2.2 Generación de residuos sólidos

En la Tabla 4, se detalla el registro de la generación diaria de residuos sólidos por categoría en el mercado municipal de Pascuales.

Tabla 4. Generación diaria de residuos sólidos

Categoría	Generación diaria de residuos							\bar{x}
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	
	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	
Frutas y verduras	318	300	293	289	299	304	285	
Viveres y abastos	13	14	13,6	12,7	17,9	14,6	13,4	
Plásticos	2	1,7	1,4	1,7	1,4	1,3	1	
Total	333	315,7	308	303,4	318,3	319,9	299,4	314

Registro diario de generación de residuos sólidos.

Fernández y Vásconez, 2021

Como se observa en la Tabla 4, los locales que más residuos generan diariamente son los que comercializan frutas y verduras, seguido por los locales de venta de viveres y abastos y por último el local que menos residuos genera es el de plásticos, con esta información se obtuvo que el día que mayor cantidad de

residuos sólidos se recolectó fue en el día uno con un peso total de 333 kg de residuos. El día que menor cantidad de residuos sólidos se recolectó fue en el día siete con un total de 299,4 kg de residuos.

Se determinó que, en los 35 locales muestreados en el mercado municipal de Pascuales se genera un promedio de 314 kg de residuos sólidos diariamente.

4.2.3 Determinación promedio por local

En la Tabla 5, se detalla los resultados obtenidos de la generación promedio por local según la categorización realizada en el mercado municipal de Pascuales, teniendo en cuenta los siete días de muestreo.

Tabla 5. Resultados de la determinación promedio por local

Código	N° de Local	Categoría	Peso (Kg)							Total	Promedio Kg/local
			Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7		
			Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg		
GPLoc1	Local 1	Frutas y verduras	12	11	7	8	15	6	13	72	10,29
GPLoc2	Local 2	Frutas y verduras	18	14	10	13	6	20	8	89	12,71
GPLoc3	Local 3	Frutas y verduras	24	21	17	24	8	13	17	124	17,71
GPLoc4	Local 4	Frutas y verduras	31	17	21	16	11	15	7	118	16,86
GPLoc5	Local 5	Frutas y verduras	22	15	13	11	7	12	9	89	12,71
GPLoc6	Local 6	Frutas y verduras	21	28	14	9	6	16	12	106	15,14
GPLoc7	Local 7	Frutas y verduras	15	17	8	14	18	15	10	97	13,86
GPLoc8	Local 8	Frutas y verduras	19	13	20	18	14	13	21	118	16,86
GPLoc9	Local 9	Frutas y verduras	10	8	16	6	17	12	17	86	12,29
GPLoc10	Local 10	Frutas y verduras	7	14	5	13	16	9	6	70	10,00
GPLoc11	Local 11	Frutas y verduras	10	13	9	9	12	10	9	72	10,29
GPLoc12	Local 12	Frutas y verduras	11	17	11	12	15	16	14	96	13,71
GPLoc13	Local 13	Frutas y verduras	14	6	17	9	18	11	15	90	12,86
GPLoc14	Local 14	Frutas y verduras	12	15	19	18	20	8	7	99	14,14
GPLoc15	Local 15	Frutas y verduras	7	9	14	15	13	17	17	92	13,14

GPLoc16	Local 16	Frutas y verduras	17	11	7	14	18	23	19	109	15,57
GPLoc17	Local 17	Frutas y verduras	13	7	11	6	12	17	9	75	10,71
GPLoc18	Local 18	Frutas y verduras	15	16	9	13	17	8	13	91	13,00
GPLoc19	Local 19	Frutas y verduras	6	12	15	12	8	13	11	77	11,00
GPLoc20	Local 20	Frutas y verduras	11	8	10	8	15	11	10	73	10,43
GPLoc21	Local 21	Frutas y verduras	8	11	16	16	11	18	8	88	12,57
GPLoc22	Local 22	Frutas y verduras	3	4	9	13	5	7	14	55	7,86
GPLoc23	Local 23	Frutas y verduras	12	13	15	12	17	14	19	102	14,57
GPLoc24	Local 24	Viveres y abastos	1,5	1,3	1,7	2,2	0,9	2	1,5	11,1	1,59
GPLoc25	Local 25	Viveres y abastos	1	0,9	0,7	0,4	1,6	1,3	1,6	7,5	1,07
GPLoc26	Local 26	Viveres y abastos	2	2,1	1,3	0,9	2,4	2,5	0,9	12,1	1,73
GPLoc27	Local 27	Viveres y abastos	0,5	1,7	1,4	0,8	1,8	0,5	2	8,7	1,24
GPLoc28	Local 28	Viveres y abastos	3	1,4	2,1	1	2,4	1	0,9	11,8	1,69
GPLoc29	Local 29	Viveres y abastos	0,8	1,6	0,6	1,2	1,4	0,9	0,4	6,9	0,99
GPLoc30	Local 30	Viveres y abastos	0,3	1,2	0,9	1,4	1,8	0,8	1,3	7,7	1,10
GPLoc31	Local 31	Viveres y abastos	1,5	1,3	1,2	0,7	1,7	0,7	0,6	7,7	1,10
GPLoc32	Local 32	Viveres y abastos	0,6	1	1,3	1,4	1,1	1,7	1,2	8,3	1,19
GPLoc33	Local 33	Viveres y abastos	0,4	0,6	1,1	1,6	0,5	1,9	2	8,1	1,16
GPLoc34	Local 34	Viveres y abastos	1,4	0,9	1,3	1,1	2,3	1,3	1	9,3	1,33
GPLoc35	Local 35	Plásticos	2	1,7	1,4	1,7	1,4	1,3	1	10,5	1,50

TOTAL

2198

Resultados de la generación promedio por local

*GPLoc= Generación promedio por local

Fernández y Vásconez, 2021

De acuerdo con los resultados reflejados, los locales muestreados generan aproximadamente 2198 kg de residuos en una semana.

Los locales que mayor cantidad de desechos generan son los que se dedican al expendio de frutas y verduras, seguido por los de viveres y abastos y los que

generan menor cantidad de residuos son los locales que comercializan productos plásticos ya que estos residuos son más ligeros porque en su mayoría son fundas plásticas, cartones, botellas, etc.

El mayor peso se registró en el local 3 que comercializa frutas y verduras con una generación de 124 kg de residuos por semana y una generación promedio semanal de 17,71 kg de residuos. El menor peso se registró en el local 29 que comercializa víveres y abastos con una generación de 6,9 kg de residuos por semana y una generación promedio semanal de 0,99 kg de residuos.

4.2.4 Determinación del volumen del cilindro

$$V = h \times r^2 \times \pi$$

$$V = 0,87m \times (0,29m)^2 \times 3,1416$$

$$V = 0,229m^3$$

V = volumen del cilindro (m³).

h = altura del cilindro (m).

r = radio (m).

Con la aplicación de la fórmula se pudo conocer el volumen que pueden ocupar los residuos en el cilindro, dando como resultado 0,229 m³, este valor fue una constante diaria ya que se utilizó el mismo cilindro para realizar los cálculos en todos los días de caracterización.

4.2.5 Determinación de la densidad de los residuos

En la Tabla 6, se detalla los resultados obtenidos en la determinación de la densidad de los residuos recolectados durante los 7 días de muestreo en el mercado municipal de Pascuales.

Tabla 6. Resultados de la densidad de los residuos

DÍA DE MUESTREO	DENSIDAD DE LOS RESIDUOS				
	VOLUMEN DEL RECIPIENTE (m ³)	W1 PESO DEL RECIPIENTE VACIO (Kg)	W2 PESO DEL RECIPIENTE LLENO (Kg)	W PESO DE LA BASURA (Kg)	DENSIDAD (Kg/m ³)
1	0,229	7	65	58	253,275
2	0,229	7	58	51	222,707
3	0,229	7	57	50	218,341
4	0,229	7	59	52	227,074
5	0,229	7	63	56	244,541
6	0,229	7	61	54	235,808
7	0,229	7	55	48	209,607

Resultados de densidad de los residuos.

Fernández y Vásconez, 2021

Con los resultados obtenidos en la Tabla 6 se pudo evidenciar que, en el día uno se registró el valor máximo de densidad de los residuos con un total de 253,275 kg/m³ esto se debe al aspecto físico de los residuos recolectados ya que se encontraron tallos de col y lechuga, coronas de piñas y pedazos de racimos de plátano; también se notó la presencia de frutas y verduras enteras por lo que ocupa mayor espacio.

Mientras que el valor más bajo registrado fue en el día siete con un total de 209,607 kg/m³ en esta caracterización se halló gran cantidad de residuos ligeros como: hojas de legumbres, ramas de yerbas, hojas de choclo, cáscaras de cebolla, etc.

4.2.6 Determinación de la composición física de los residuos

En la Tabla 7, se representa los resultados de acuerdo con el método de cuarteo para conocer la composición física de los residuos obtenidos del mercado municipal de Pascuales durante los siete días de caracterización.

Tabla 7. Resultados de la composición física de los residuos

N°	Tipo de residuos sólidos	Generación de Residuos Sólidos Municipales							
		Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Total
		Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
1	Materia orgánica	24	21	20	17	20	21	17	140
2	Papel	1,2	1,8	1,3	2	2,8	2,2	1,3	12,6
3	Cartón	2,3	1,8	1,5	3,2	2,3	1,9	1,5	14,5
4	Vidrio	0,028	0,043	0,053	0,024	0,027	0,032	0,053	0,26
5	Plástico PET	1,9	2,1	1,4	1,6	0,9	2	1,4	11,3
6	Plástico duro	2	3	1,8	2,7	2	2,3	1,7	12,8
7	Bolsas	0,5	0,2	0,3	0,087	0,4	0,098	0,3	1,89
8	Tetrapak	0,017	0,023	0,013	0,008	0,012	0	0,013	0,09
9	Residuos sanitarios	0,4	0,089	0,5	0,076	0,064	0,095	0,3	1,52
10	Residuos inertes	0,084	0,023	0,053	0,036	0,056	0,097	0,053	0,40
11	Otros	0,023	0,037	0,094	1,2	0,035	0,058	0,084	1,51
Total (Kg)		32,43	30,12	27,01	25,23	28,59	29,78	23,70	196,87

Registro de resultados para la determinación de la composición física
Fernández y Vásconez, 2021

Con los resultados de la caracterización física de los residuos que se presentan en la Tabla 7 se logró determinar que los residuos que más se generan en el mercado municipal de Pascuales son los restos de materia orgánica con un peso de 140 kg durante toda la semana de recolección, seguido por cartón, papel y plásticos. También se encontró mascarillas, colillas de cigarrillos y velas rotas; estos están incluidos en la categoría (otros), dando en total un peso de 1,51 kg durante la semana de recolección.

4.2.7 Determinación de la composición física porcentual de los residuos

En la Figura 15, se presentan los resultados de la composición física porcentual de los residuos sólidos durante los siete días de recolección en el mercado municipal de Pascuales.

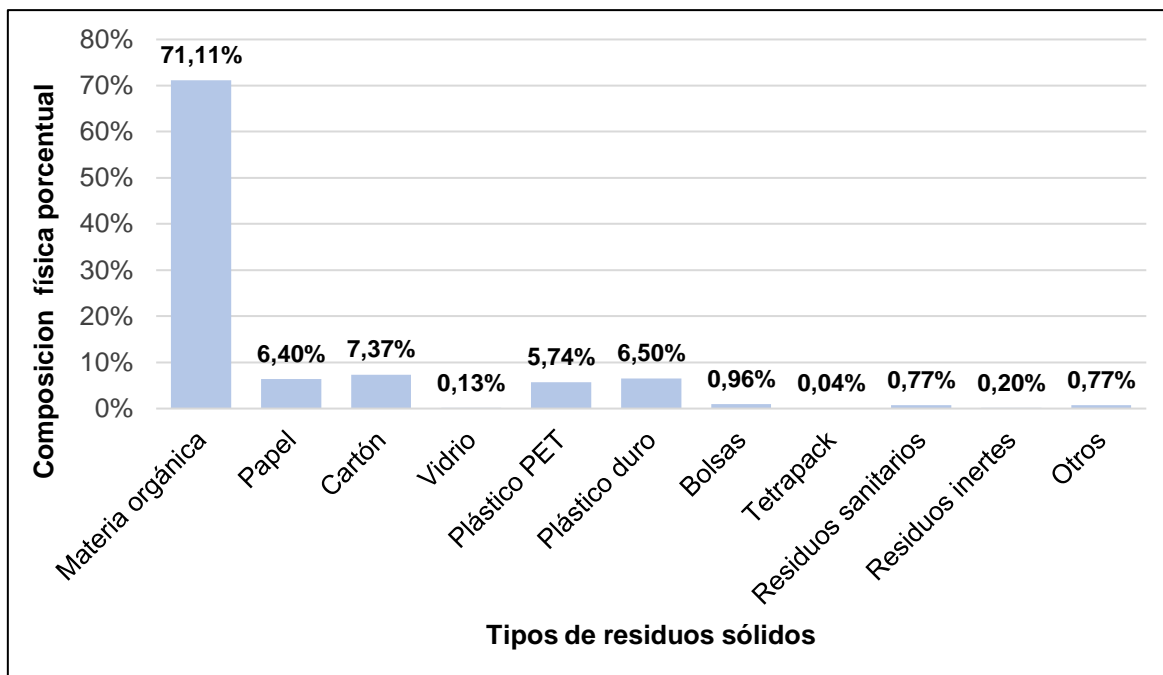


Figura 15. Resultados de la composición física porcentual
Fernández y Vásconez, 2021

Con los resultados de composición física expuestos en la Figura 15, se determinó que el 71,11 % de los residuos recolectados pertenecen a materia orgánica proveniente de los locales que comercializan frutas y verduras, siendo este el valor más alto registrado; mientras que el porcentaje más bajo registrado pertenece a Tetrapack, con el 0,04 % con este resultado se considera que es el residuo que menos se descarta en el interior del mercado municipal de Pascuales.

4.3 Desarrollo de un sistema de compostaje automatizado óptimo para los residuos sólidos orgánicos que se generan en el mercado municipal de Pascuales.

En la Figura 16, se presenta una ficha técnica con las funciones, características generales, especificaciones técnicas, recomendaciones de uso y precauciones del sistema de compostaje.

Ficha técnica del sistema de compostaje		
Nombre del equipo:		Ubicación:
Máquina de compostaje		Guayaquil, Ecuador
Función: Máquina de compostaje automatizada diseñada para facilitar la mezcla, aireación y control de las diversas fases del compostaje.		
Características Generales		Foto de la máquina/equipo
Dimensiones	Alto	144 cm
	Ancho	56 cm
	Largo	135 cm
Peso aproximado	12 kg	
		
El diseño de la máquina de compostaje tiene las siguientes características: base fija de madera, cilindro de polietileno de alta densidad con capacidad de 50 gal; el sistema permite la oxigenación, mezcla y volteo del material, la recolección de lixiviados y mantiene las propiedades del proceso de compost.		
Especificaciones técnicas		
Materiales:	Tubo de acero galvanizado 1" x 130 cm con cinco aspas de volteo	
	Tanque de polietileno de alta densidad 87 cm x 58 cm	
	Soporte de madera de 56 cm x 110 cm	
Capacidad:	Motor eléctrico de ½ HP	
Velocidad:	El motor del sistema gira a una velocidad de 200 RPM	
Voltaje de operación:	El sistema deberá ser suministrado con 110 v y una fuente de 12 v a 3 A	
Recomendaciones de uso		
No sobrecargar al sistema a mayores cargas de la especificada.		
Comprobar el seguro de la compuerta después de cargar o descargar.		
Para visualizar los datos de temperatura y humedad se debe presionar el pulsador.		
Para realizar una carga y descarga al sistema se recomienda desconectar de la energía eléctrica.		
Precauciones		
No exponer la máquina a lluvia.	Realizado por: Fernández Jean y Vásconez Sammy	
No dejar que la bomba opere sin agua en el reservorio.		
No manipular el sistema mientras se realiza el volteo del material orgánico.	Fecha: 17/07/2021	

Figura 16. Ficha técnica del sistema de compostaje
Fernández y Vásconez, 2021

De acuerdo con las especificaciones de la Figura 16, se logró desarrollar un sistema de compostaje automatizado que permitió aprovechar los residuos orgánicos, facilitar y mejorar el proceso de compostaje; obteniendo beneficios como: ahorro de tiempo, mano de obra, disminución de riesgos a la salud, control de temperatura y humedad, debido a la automatización de los procesos (Ver Anexo 6).

En la Figura 17, se detalla el proceso de ingreso, tiempo de retención, salida de subproductos y producto final.

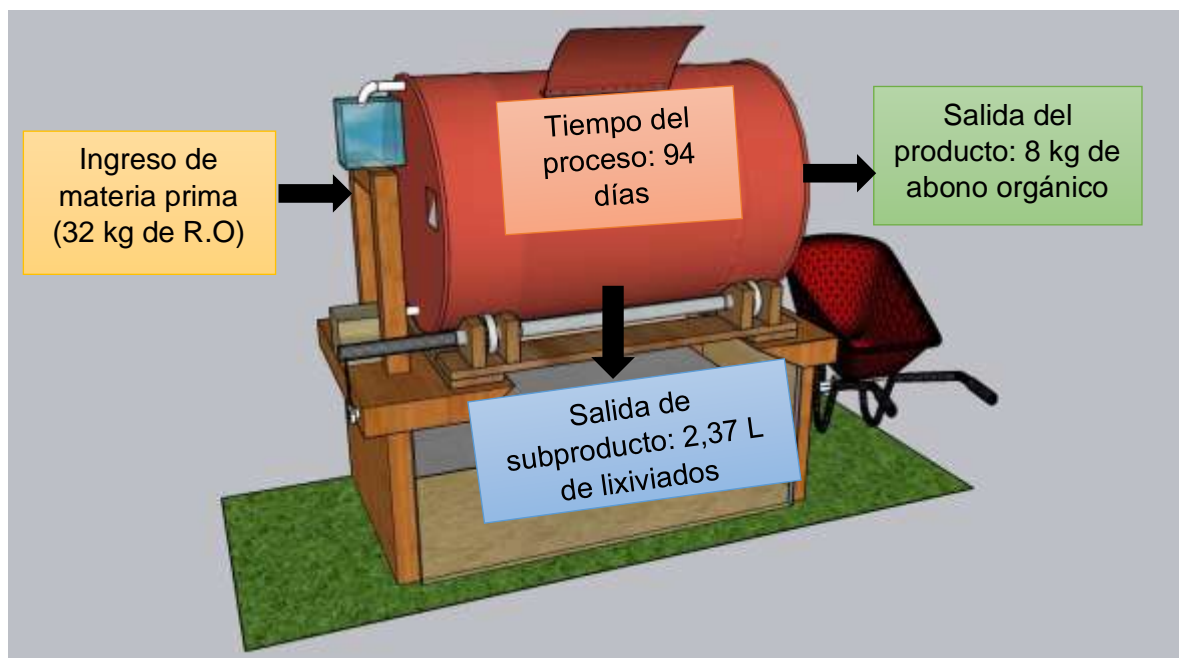


Figura 17. Ingreso, salida de producto y subproductos.
Fernández y Vásquez, 2021

En la Figura 17, se especifica el ingreso de 32 Kg de residuos orgánicos al sistema de compostaje, el tiempo de retención del proceso fue de 94 días obteniendo como producto final 8 Kg de abono orgánico y 2,37 L de lixiviados durante todo el proceso.

4.4 Propuesta de un sistema de monitoreo mediante placa de desarrollo Arduino, sensores y actuadores en la cámara de compostaje para la automatización de los procesos.

En la Figura 18, se muestra el diagrama de flujo de acuerdo a las acciones correspondientes que el sistema operará frente a diferentes situaciones en la primera semana.

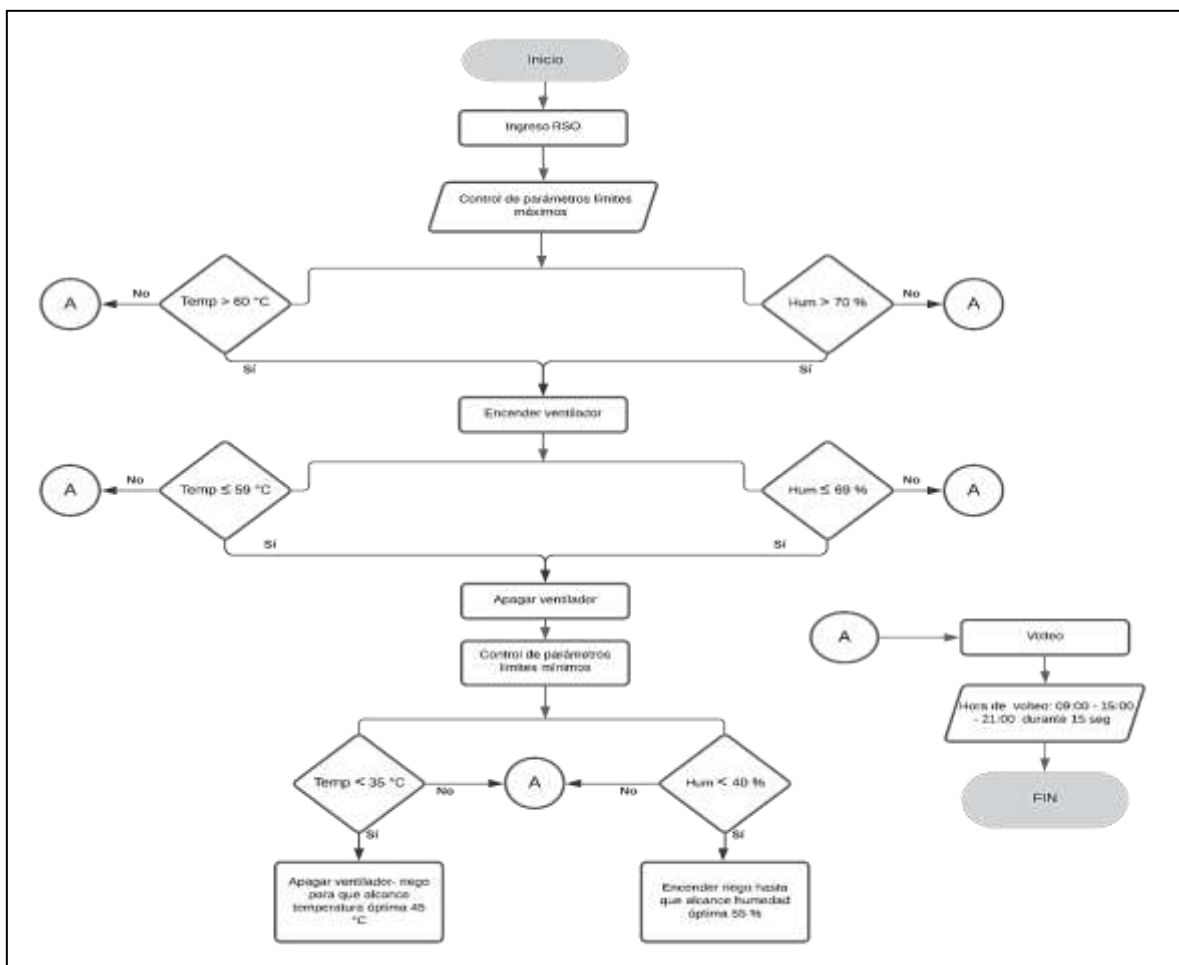


Figura 18. Propuesta del sistema de monitoreo (primera semana)
Fernández y Vásconez, 2021

En la Figura 18, se puede observar la propuesta del sistema de monitoreo de acuerdo con las acciones programadas para el funcionamiento del sistema de compostaje durante la primera semana del proceso, debido a la descomposición de los materiales en el interior del compostador se programó de manera distinta.

En la Figura 19, se muestra el diagrama de flujo de acuerdo a las acciones correspondientes que el sistema operará frente a diferentes situaciones.

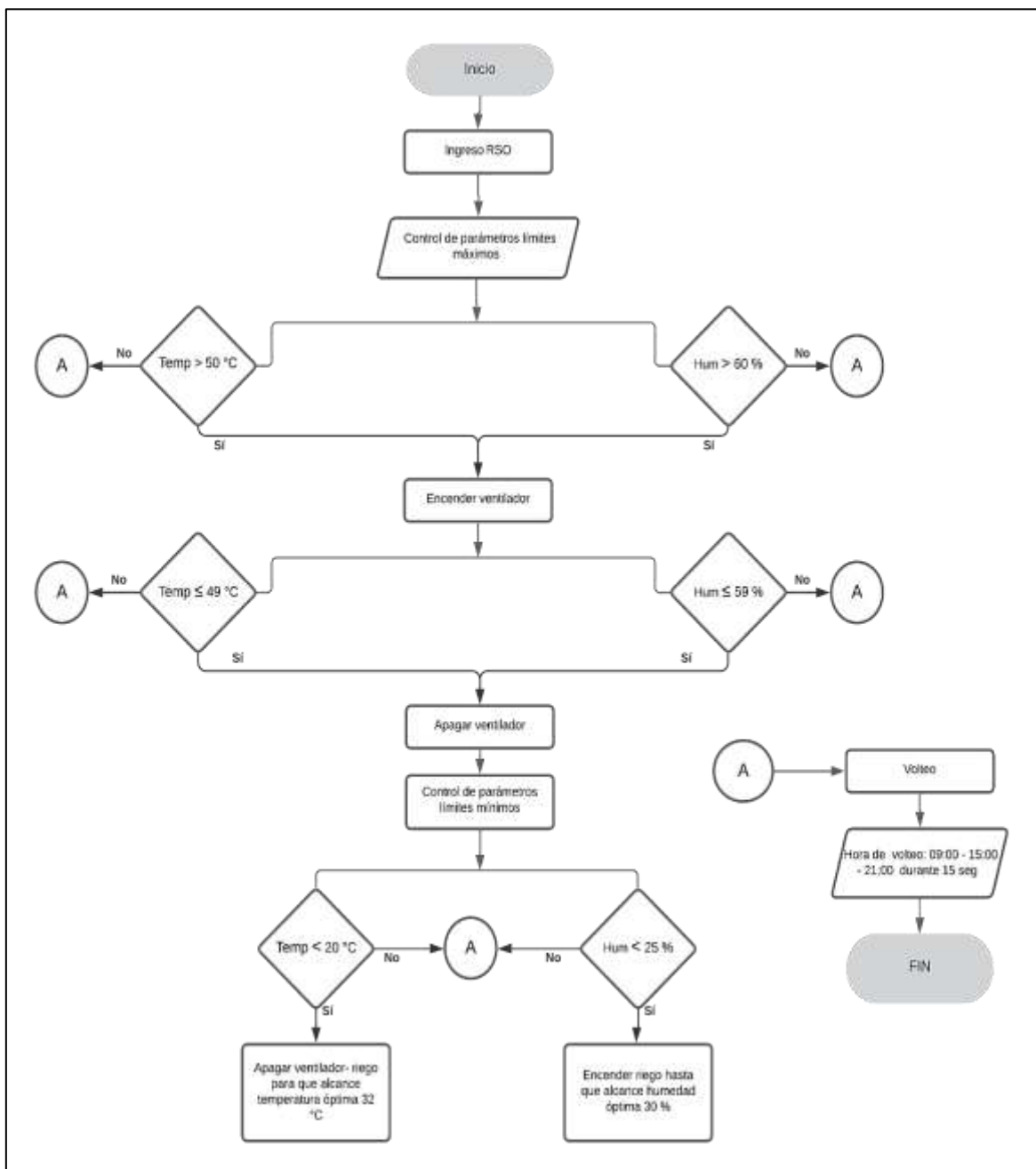


Figura 19. Propuesta del sistema de monitoreo
Fernández y Vásconez, 2021

En la Figura 19, se puede observar la propuesta del sistema de monitoreo de acuerdo con las acciones programadas para el funcionamiento del sistema de compostaje.

Los resultados correspondientes a los datos de temperatura y humedad se obtuvieron del sistema a través de los sensores, se empezó a monitorear desde el 17 de mayo de 2021 hasta el 18 de agosto de 2021.

4.4.1 Datos obtenidos en el sistema de monitoreo a través del sensor de temperatura

En la Figura 20, se demuestra el funcionamiento del sistema de monitoreo propuesto, a continuación, se detallan los datos obtenidos del sensor de temperatura.

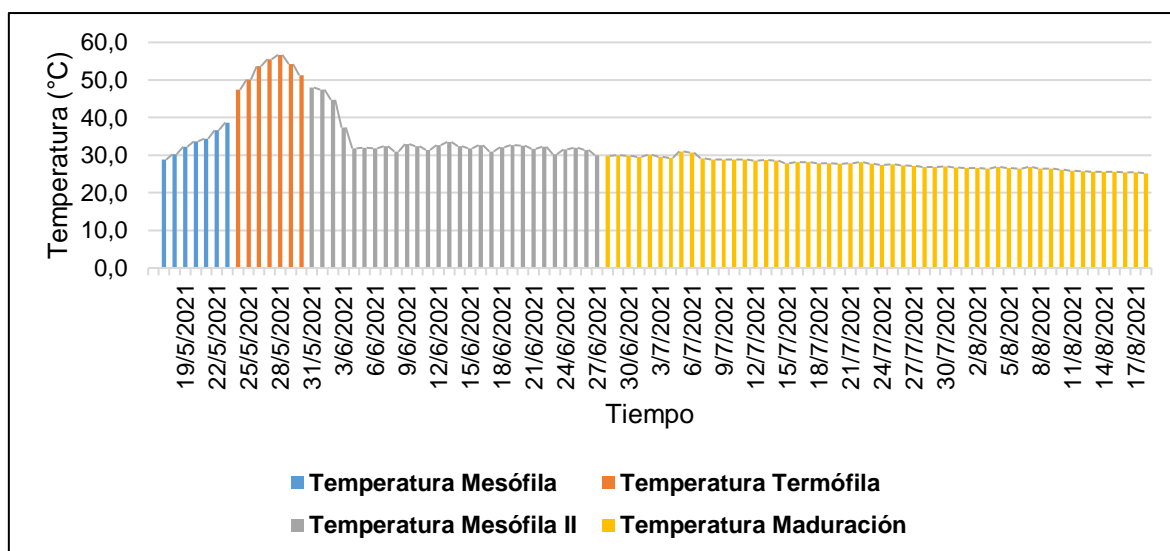


Figura 20. Monitoreo de temperatura
Fernández y Vásquez, 2021

Los resultados obtenidos en la Figura 20, indica la variación de la temperatura en las diversas fases del proceso de compostaje, la temperatura máxima se registró durante la fase termófila con un valor de 56,7 °C ya que en esta fase se acelera el proceso de descomposición de los residuos orgánicos debido a la actividad microbiana, lo que provoca el aumento de la temperatura.

La temperatura mínima se registró durante la fase de maduración con un valor de 25,2 °C, durante esta fase la temperatura se empieza a estabilizar debido al agotamiento de las fuentes de carbono y nitrógeno en el material de compostaje.

En la Tabla 8, se detalla los resultados estadísticos de media aritmética, moda, valor máximo, valor mínimo, varianza y desviación estándar de temperatura.

Tabla 8. Resultados estadísticos de temperatura

Temperatura (°C)					
\bar{x}	Moda	Temperatura Max	Temperatura Min	σ^2	σ
31,8	32,4	56,7	25,2	53,13	7,29

Resultados de las herramientas estadísticas de temperatura.

Fernández y Vásconez, 2021

La tabla 8, permitió conocer las medidas de dispersión obteniendo la temperatura media fue de 31,8 °C, la varianza 53,13 y la desviación estándar 7,29.

4.4.2 Datos obtenidos en el sistema de monitoreo a través del sensor de humedad

En la Figura 21, se demuestra el funcionamiento del sistema de monitoreo propuesto, a continuación, se detallan los datos obtenidos del sensor de humedad.

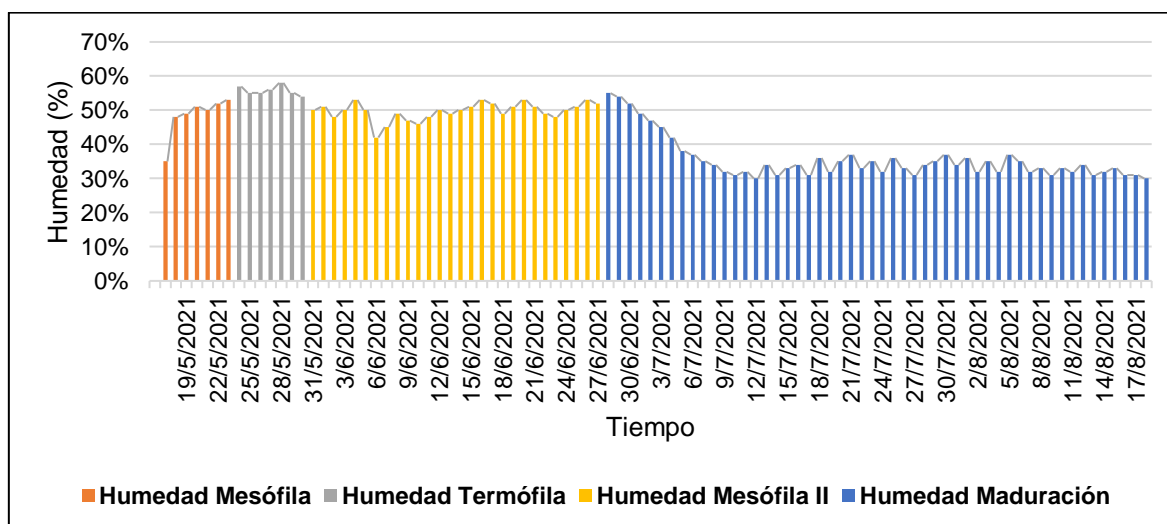


Figura 21. Monitoreo de humedad
Fernández y Vásconez, 2021

Los resultados obtenidos en la Figura 21, indica la variación de la humedad en las diversas fases del proceso de compostaje, la humedad máxima se registró durante la fase termófila con un valor de 58 %, debido a la degradación de los

residuos en esta fase la temperatura aumenta y el sistema de riego se enciende para disminuirla, por lo tanto, la humedad asciende.

La humedad mínima se registró durante la fase de maduración con un valor de 30 %, durante esta fase la humedad empieza estabilizarse debido al tamaño del material de compostaje dando lugar a la maduración del compost.

En la Tabla 9, se detalla los resultados estadísticos de media aritmética, moda, valor máximo, valor mínimo, varianza y desviación estándar de humedad.

Tabla 9. Resultados estadísticos de humedad

Humedad (%)					
\bar{x}	Moda	Humedad Max	Humedad Min	σ^2	σ
42,18%	32,00%	58,00%	30,00%	0,01	0,09

Resultados de las herramientas estadísticas de temperatura.

Fernández y Vásconez, 2021

La tabla 9, permitió conocer las medidas de dispersión obteniendo la humedad media fue de 42,18 %, la varianza 0,01 y la desviación estándar 0,09.

En la Figura 22, se observa el registro de datos fecha, hora, temperatura y humedad.



Figura 22. Lectura de datos
Fernández y Vásconez, 2021

Como se muestra en la Figura 22, se visualiza la lectura de los datos del sensor de temperatura y humedad por medio del led display en la fecha de 4 de junio de 2021.

4.5 Examinación de pH, carbono, nitrógeno, fósforo, potasio y contenido de materia orgánica del compost obtenido mediante análisis de laboratorio para comprobar la calidad.

Para comprobar la calidad del abono orgánico obtenido se tamizó por una malla metálica de 16 mm con la finalidad de homogenizar la muestra y se envió una muestra representativa de 1 Kg de abono orgánico a laboratorio (Ver Anexo 13).

En la Tabla 10, se indica el resultado obtenido del parámetro químico pH en la muestra de abono orgánico enviada a análisis.

Tabla 10. Resultado de análisis de pH del abono orgánico obtenido.

Resultados de Potencial de Hidrogeno						
Parámetro	Unidad	Resultados	Incertidumbre	Método de ensayo	NTE	Rango Ideal
pH	Unidades de pH	6,31	± 0,17 Unid. De pH	PEE.LASA.FQ.50 EPA 9045 D	236:2013	> 6,5 - < 8,5

Resultado del pH del abono orgánico obtenido.
Fernández y Vásconez, 2021

Como está representado en la Tabla 10, **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, el análisis de laboratorio arrojó un resultado de pH 6,31 mismo que está levemente por debajo del rango permitido según la Norma Técnica Ecuatoriana 236:2013, debido a que los residuos depositados en el compostador en su mayoría fueron restos vegetales como frutas y verduras, estos liberan ácidos orgánicos en su proceso de descomposición lo cual incide en el resultado final del producto (Ver Anexo 14).

En la Figura 23, se muestran los resultados de los parámetros de calidad del abono orgánico obtenido de acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN.

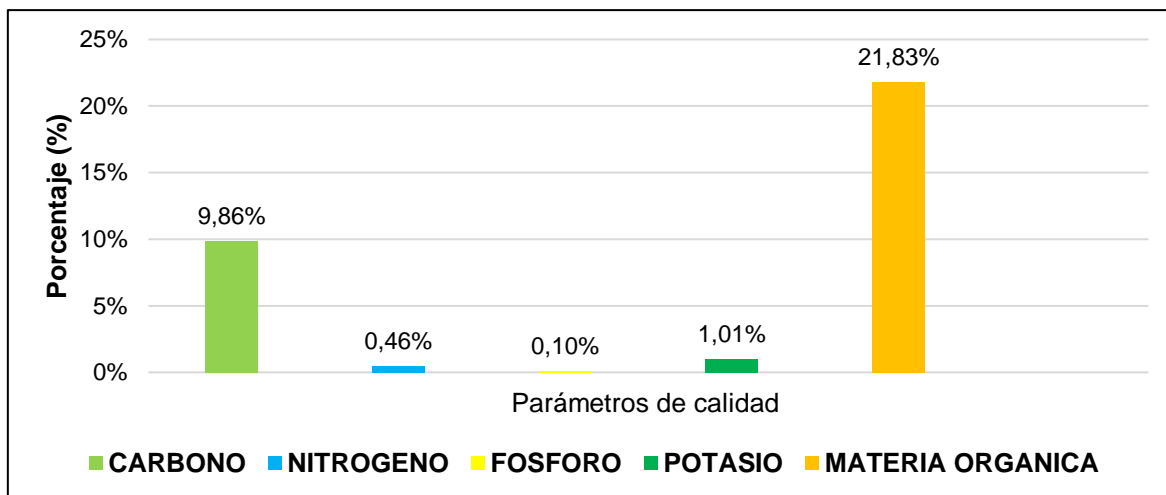


Figura 23. Resultados de parámetros del abono orgánico obtenido Fernández y Vásconez, 2021

En la Figura 23, se detallan los resultados de los parámetros de calidad del abono orgánico en una muestra de 1000 g; para Carbono 9,86 %, Nitrógeno 0,46 según la NTE INEN 2025:2013, %, Fósforo 0,10 % según la NTE INEN 233:2013, Potasio 1,01 %, según la NTE INEN 235:2013 y contenido de materia orgánica 21 % según el Manual técnico para el registro y control de fertilizantes, enmiendas de suelo y productos afines de uso agrícola, para determinar la concentración de carbono orgánico en abono orgánico se aplicará el método gravimetría , mismos que cumplieron con los rangos de calidad permitidos por la Norma Técnica Ecuatoriana a excepción de Carbono con un valor de 9,86 % que está levemente por debajo del límite permitido y Potasio con 1,01 % que está levemente por encima del rango permitido.

5. Discusión

El presente trabajo de titulación de tesis tiene como objetivo principal el diseño de un sistema de compostaje automatizado para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos que se generan en el interior del mercado municipal de Pascuales, a través de la caracterización de los residuos y la propuesta de un sistema de monitoreo mediante Arduino para la automatización de los procesos y la obtención de abono orgánico.

De acuerdo con Acurio et al., (1997) en su estudio “Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe” la mala gestión de los residuos sólidos en el mercado municipal de Pascuales se debe a que la población sigue buscando el desarrollo socioeconómico y no consideran ni miden el impacto negativo que pueden ocasionar en el medio ambiente debido a que las autoridades pertinentes no brindan la atención suficiente ya sea por falta de recursos o por incumplimiento de la legislación ambiental.

En el estudio realizado por López (2009), en el distrito de Las Lomas, el 70% de los residuos generados son principalmente orgánicos (frutas, verduras y residuos de procesamiento de alimentos), el 10% de los residuos generados corresponde a los residuos de vidrio, de acuerdo a los resultados obtenidos en el mercado municipal de Pascuales el 71,11 % de los residuos corresponden a material orgánico, en este establecimiento se generan en promedio 314 Kg de residuos diarios, determinando así la necesidad de desarrollar un mecanismo para el aprovechamiento de los residuos orgánicos creando una alternativa amigable con el ambiente.

Con el desarrollo del sistema de compostaje automatizado se logró aprovechar los residuos orgánicos generados en el mercado, facilitar y mejorar el proceso de

compostaje; obteniendo beneficios como: ahorro de tiempo, dinero y mano de obra, disminución de riesgos a la salud, control de temperatura y humedad, debido a la automatización de los procesos, tal como lo afirma Wang et al.,(2014) quién construyó un sistema de compostaje pequeño y un dispositivo de volteo que debido a su bajo costo de implementación permitió mejorar la función de mezcla de la materia prima, la temperatura, la permeabilidad y ajusta la humedad, es por ello que la construcción de un sistema de compostaje se considera una buena alternativa ambiental y económicamente viable para el aprovechamiento de los residuos orgánicos.

El sistema de monitoreo propuesto permitió controlar las condiciones necesarias para garantizar la adecuada descomposición de los residuos orgánicos en el interior del compostador, brindando rapidez en la lectura de datos y la facilidad en el manejo, además se admite una reprogramación del control de temperatura y humedad en las diferentes etapas del proceso de compostaje debido al microcontrolador Arduino, por lo que este sistema de monitoreo se considera una opción factible y eficaz para la automatización de los procesos en la producción de abono orgánico. Algo similar ocurre con el autor Jaramillo Monge (2017) en su trabajo investigativo titulado “Diseño de un sistema automático de producción de abonos orgánicos sólidos, mediante la técnica de fermentación aeróbica en la Granja Agroecológica de la Fundación Cambugán, Pintag” el mismo que utilizó un sensor FC-28 para medir la humedad y un sensor tipo K para registrar datos de la temperatura de modo que los datos se puedan obtener cuando el operador los necesite.

El estudio de Aguilar (2020) titulado “Aprovechamiento de los desechos orgánicos en la elaboración de compost mediante la implementación de un sistema mecánico amigable con el ambiente” en el que evaluó la calidad de un abono

orgánico que dio como resultado; pH de 7,58, macronutrientes del compost: 1,64 % N, 20,39 % C, 1,21 % K , 1,2 % P y 35,07 % de materia orgánica. El abono orgánico obtenido del sistema de compostaje desarrollado en este estudio presenta propiedades aceptables por la FAO (2013), pH 6,31, C 9,86 %, N 0,46 %, P 0,10 %, K 1,01 % y materia orgánica 21,83 %.

6. Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos se pudo determinar que el manejo actual de residuos sólidos en el mercado municipal de Pascuales es ineficiente, debido a la inexistencia de un sistema de separación de residuos, a la falta de contenedores de basura y a la presencia de vectores en el interior y exterior del mercado.

Además, se logró una correcta caracterización de los residuos sólidos orgánicos generados en el mercado municipal de Pascuales, donde se evidenció que la mayor parte de los residuos generados son residuos orgánicos.

Se consiguió desarrollar un sistema de compostaje automatizado óptimo que permitió el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos generados en el mercado, además de, facilitar el proceso de compostaje y permite sustituir la intervención del ser humano.

Por consiguiente, con el sistema de monitoreo propuesto se determinó que la temperatura máxima durante el sistema de compostaje fue de 56,7 °C y la mínima de 25,2 °C, mientras que la humedad máxima del proceso fue del 58 % y la mínima de 30 %, estos valores estuvieron dentro de los límites permitidos durante el proceso de compostaje de acuerdo con el Manual de Compostaje del Agricultor propuesto por la FAO.

Con el análisis de los parámetros de calidad se pudo determinar que el abono obtenido se considera de buena calidad ya que cumple con la mayoría de los rangos permitidos por la Norma Técnica Ecuatoriana.

7. Recomendaciones

En efecto de los resultados y las conclusiones planteadas, la autoridad competente debería desarrollar alternativas con el fin de mejorar el manejo de los residuos sólidos que se generan en el interior del mercado municipal de Pascuales, por ejemplo, implementar puntos de separación de residuos en la fuente y de igual forma mejorar el servicio de recolección y limpieza en el interior del mercado.

Teniendo en cuenta que la mayor parte de los residuos que se generan son orgánicos, deben capacitar al personal que frecuenta el mercado sobre la importancia de clasificar y reutilizar estos residuos para aprovecharlos.

Con respecto al desarrollo del sistema de compostaje, utilizar una cadena de transmisión con la finalidad de que el motor tenga mayor fuerza para el volteo de todo el material al interior del compostador.

Por consiguiente, el sistema de monitoreo debería ser completamente impermeable para que no haya fallas en el sistema debido a factores climáticos.

Asimismo, se sugiere la aplicación de un aditivo al sistema de compostaje, con el propósito de acelerar el proceso de obtención de abono orgánico y que este sea de una calidad correspondiente a los estándares establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana.

8. Bibliografía

- Abarza, F. (2012, julio 2). Investigación aplicada vs investigación pura (básica). Recuperado 5 de febrero de 2021, de Abarzawordpress website: <https://abarza.wordpress.com/2012/07/01/investigacion-aplicada-vs-investigacion-pura-basica/>
- Abbasi, S. A., & Ramasamy, E. V. (2000). High—Solids Anaerobic Digestion for the Recovery of Energy from Municipal Solid Waste. *Environmental Technology*, 21, 345-349. <https://doi.org/10.1080/09593332108618120>
- Acurio, G., Rossin, A., Teixeira, P., & Zepeda, F. (1997). *Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe | Publications*. Recuperado de <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Diagn%C3%B3stico-de-la-situaci%C3%B3n-del-manejo-de-residuos-s%C3%B3lidos-municipales-en-Am%C3%A9rica-Latina-y-el-Caribe.pdf>
- Agencia de Residuos de Cataluña. (2017). *Beneficios ambientales de la utilización del compost* [Gobierno oficial de España]. Recuperado de http://residus.gencat.cat/es/ambits_dactuacio/valoritzacio_reciclatge/el_compost/beneficis_us_compost/
- Aguas, K. (2019, abril 28). Guayaquil produce 4.200 toneladas diarias de basura. *Ecuavisa*. Recuperado de <https://www.ecuavisa.com/articulo/noticias/nacional/484146-guayaquil-produce-diario-4200-toneladas-basura>
- Aguilar, M. (2020). *Aprovechamiento de los desechos orgánicos en la elaboración de compost mediante la implementación de un sistema mecánico*. (Tesis de

- Pregrado). Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil. Recuperado de https://cia.uagraria.edu.ec/cia_inv_view.php?id=30177&option=view
- Ajvix, E. (2012). *Pasos para elaboración de compost, en el Instituto Mixto de Educación Básica por Cooperativa, Sajcavillá, sector 3, San Juan Sacatepéquez, Guatemala* / (Tesis de Pregrado). Universidad San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de <http://biblos.usac.edu.gt/library/index.php?title=586294&lang=es%20%20&query=@title=Special:GSMSearchPage@process=@titulo=@autor=Elizabeth%20Ajvix%20L%C3%B3pez@subheadings=@keywords=@material=@sortby=sorttitle@mode=&recnum=1&mode=>
- Albertin, R. M., Moraes, E., Neto, G. D. A., Angelis, B. L. D. D., Corveloni, E., & Silva, F. F. da. (2010). Diagnóstico da gestão dos resíduos sólidos urbanos do município de Flórida Paraná. *Revista Agro@ambiente On-Line*, 4(2), 118-125. <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v4i2.378>
- Arduino. (2013, septiembre 11). ¿Qué es Arduino? | Arduino.cl. Recuperado 2 de marzo de 2021, de Aprende a usar Arduino website: <https://www.arduino.cc/>
- Asamblea Constituyente de Montecristi. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. 63. Recuperado de <http://biblioteca.defensoria.gob.ec/handle/37000/823>
- Ayala Cadena, O. (2014). *Prototipo de un compostador de uso doméstico automatizado con Arduino* (Tesis de Pregrado). Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario UAEM Texcoco. Recuperado de <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/62545>
- Banco Mundial. (2018, septiembre 20). *Los desechos a nivel mundial crecerán un 70 % para 2050, a menos que se adopten medidas urgentes*. p. 38.

Recuperado de <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2018/09/20/global-waste-to-grow-by-70-percent-by-2050-unless-urgent-action-is-taken-world-bank-report>

- Bharadwaj, K. K. R. (1995). Improvements in microbial compost technology: A special reference to microbiology of composting. *Wealth from waste. Tata Energy Research Institute, New Delhi*, 115-135.
- Boer, E. den, Jędrzak, A., Kowalski, Z., Kulczycka, J., & Szpadt, R. (2010). A review of municipal solid waste composition and quantities in Poland. *Waste Management*, 30(3), 369-377. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.09.018>
- Butu, A., W., & Mshelia, S., S. (2014). Municipal solid waste disposal and environmental issues in Kano Metropolis, Nigeria. *European - American Journals*, 2, 17. Recuperado de <https://www.eajournals.org/journals/british-journal-of-environmental-sciences-bjes/vol-2issue-2june-2014/municipal-solid-waste-disposal-environmental-issues-kano-metropolis-nigeria-2/>
- Calderón, R. (2011). *Veeduría ciudadana de recolección de basura* (Veeduría para el análisis y verificación del cumplimiento del contrato entre Vachagnon y Puerto Limpio N.º Informe final; p. 33). Guayaquil: Municipalidad de Guayaquil. Recuperado de Municipalidad de Guayaquil website: <https://www.cpccs.gob.ec/2016/03/informes-finales-anos-anteriores/>
- Cantanhede, A., Monge, G., Sandoval Alvarado, L., & Caycho Chumpitaz, C. (2009). Procedimientos estadísticos para los estudios de caracterización de residuos sólidos. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica*, 1(1). <http://dx.doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2006.1.1.13553>

- Cárdenas González, I. N., & Segovia Serna, L. D. (2011). *Media aritmética: Dificultades en alumnos del grado décimo* (Tesis de Pregrado, Universidad del Tolima). Universidad del Tolima, Ibagué. Recuperado de <http://repository.ut.edu.co/handle/001/1028>
- Cárdenas, N. de L. (2015). *Plan de manejo de los residuos sólidos en la Escuela “José Luís Urquiza Chango” y en la comunidad Cachilvana chico, parroquia Quisapincha, cantón Ambato, provincia de Tungurahua*. (Tesis de Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. Recuperado de <http://dspace.esoch.edu.ec/handle/123456789/6854>
- Castro Galindo, L. A. (2018). *Estandarización de la técnica de compostaje enriquecido con fósforo como método de reaprovechamiento de los residuos orgánicos de la Plaza del Sur de Tunja* (Trabajo de grado - Maestría). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. (TGT-922.). Recuperado de <http://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/2209>
- Código Orgánico de Organización Territorial. (2010). Código Orgánico de Organización Territorial. Recuperado 19 de enero de 2021, de Asociación de Municipios del Ecuador website: <https://amevirtual.gob.ec/codigo-organico-de-organizacion-territorial-cootad/>
- Consejo Nacional de Planificación. (2017, 2021). Plan Nacional de Desarrollo 2017 – 2021 Toda una Vida. Recuperado 19 de enero de 2021, de Secretaría Técnica Planifica Ecuador website: <https://www.planificacion.gob.ec/plan-nacional-de-desarrollo-2017-2021-toda-una-vida/>
- Da Costa Ferreira, D. A., Da Silva Dias, N., Da Costa Ferreira, A. K., Barbosa E Lima Vasconcelos, C., De Sousa Junior, F. S., Nascimento Porto, V. C., ... Navarro Vásquez, M. A. (2018). Effect of organic residue compost made from

- household waste, plant residues and manure on the growth of lettuce. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas y la UPTC*, 12(2), 464-474. <https://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i2.7902>
- Earth Green. (2013). Manual de Compostaje. En *Earth Green* (Primera, Vol. 1, p. 88). Área Metropolitana del Valle de Aburrá: Litografía Nicolás Aristizabal. Recuperado de <http://www.earthgreen.com.co/aprenda-mas-pyr/74-principios-basicos-del-compostaje>
- FAO. (2021). FAO Term Portal | Food and Agriculture Organization of the United Nations. Recuperado 20 de enero de 2021, de <http://www.fao.org/faoterm>
- Flores, M. A., & Carranza, C. C. (2015). Estudio comparativo para la elaboración de compost por técnica manual. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 9(17), 75-84. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v9i17.697>
- Gonzalvo, W. (2018). *Diseño de plan de manejo ambiental para la gestión integral de desechos sólidos comunes en la parroquia rural San José Del Tambo Del Cantón Chillanes, Provincia Bolívar*. (Tesis de Pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil. Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/29447>
- Gordillo, F., & Chávez, E. (2015). *Evaluación comparativa de la calidad del compost producido a partir de diferentes combinaciones de desechos agroindustriales azucareros*. (Tesis de Pregrado). Escuela Politécnica del Litoral, Guayaquil. Recuperado de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/31487>
- Grajales, T. (2000). Tipos de investigación [Educativa]. Recuperado de Tgrajales.net website: <http://tgrajales.net/investipos.pdf>

- Havelaar, A. H., L'Hermite, P., & Strauch, D. (1985). *Inactivation of Microorganisms in Sewage Sludge by Stabilization Processes*. USA: CRC Press. Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=GUdZDwAAQBAJ>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., Baptista Lucio, P., Méndez Valencia, S., & Mendoza Torres, C. P. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico, D.F.: McGrawHill.
- Hidalgo, D. (2017, julio 21). Cerca de su bicentenario, ¿cómo se maneja la basura de Guayaquil? Recuperado 7 de enero de 2021, de GK website: <https://gk.city/2017/07/21/basura-de-guayaquil/>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2010). *Así es Guayaquil cifra a cifra* (Censo de Población y Vivienda N.º 1; p. 1). Guayaquil: INEC. Recuperado de INEC website: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Infografias-INEC/2012/asi_esGuayaquil_cifra_a_cifra.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2017, octubre 6). Guayaquil en cifras. Recuperado 21 de diciembre de 2020, de INEC website: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/guayaquil-en-cifras/>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2018, mayo 3). Según la última estadística de información ambiental: Cada ecuatoriano produce 0,58 kilogramos de residuos sólidos al día. Recuperado 21 de diciembre de 2020, de INEC website: <https://n9.cl/7mncb>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos, & Asociación de Municipalidades Ecuatorianas. (2018). Ecuador—Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales 2016. Recuperado 19 de enero de 2021, de <https://anda.inec.gob.ec/anda/index.php/catalog/640/overview>

- Jaramillo Monge, D. (2017). *Diseño de un sistema automático de producción de abonos orgánicos sólidos, mediante la técnica de fermentación aeróbica en la granja agroecológica de la Fundación Cambugán, Pintag* (Tesis de Pregrado). Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito. Recuperado de <http://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/handle/123456789/14696>
- Kumar, S., Smith, S. R., Fowler, G., Velis, C., Kumar, S. J., Arya, S., ... Cheeseman, C. (2017). Challenges and opportunities associated with waste management in India. *Royal Society Open Science*, 4(3), 5-8. <https://doi.org/10.1098/rsos.160764>
- Ley Española 10/98 de residuos. (2016, septiembre 4). Residuos Urbanos. Recuperado 4 de febrero de 2021, de Gestión-Calidad.com website: <http://gestion-calidad.com/residuos-urbanos>
- Longoria Ramírez, R., Oliver Salazar, M. A., Torres Sandoval, J., González Rubio Sandoval, J. L., & Maximiliano Méndez, G. (2014). Diseño, construcción y prueba de un prototipo automático para compostaje. *Revista Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia*, (70), 185-196. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-62302014000100018&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- López, J. L. F. (2009). Estudio de Caracterización de los Residuos Sólidos. *Municipalidad Distrital de Las Lomas*, 1, 12-36. Recuperado de http://biblioteca.utec.edu.sv/siab/virtual/elibros_internet/55777.pdf
- López, K. (2018). *Propuesta de plan de manejo para la gestión de desechos comunes en la parroquia urbana del cantón Montalvo, Provincia de Los Ríos*

- (Tesis de Pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil. Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/29499>
- Medioambientealora. (2015, junio 8). Residuos Orgánicos. Recuperado 11 de enero de 2021, de Medio Ambiente Álora website: <https://medioambientealora.wordpress.com/2015/06/08/recogida-de-rsu/>
- Mejía, R. (2010). Composta VS Lombricomposta. [Educativa]. Recuperado 1 de abril de 2021, de Academia de Ciencias Morelos website: <http://acmor.org.mx/cuamweb/reportescongreso/2010/biologia/239-%20CUAM%20Mor-%20Compostaa%20VS%20Lombricomposta.pdf>
- Milman, O. (2018, abril 18). Americans waste 150,000 tons of food each day – equal to a pound per person. *The Guardian Edition*. Recuperado de <http://www.theguardian.com/environment/2018/apr/18/americans-waste-food-fruit-vegetables-study>
- Ministerio del Ambiente Perú. (2020). *Guía metodológica para el desarrollo del Estudio de Caracterización para Residuos Sólidos Municipales* (N.º 1). Perú. Recuperado de <https://redrrss.minam.gob.pe/material/20150302182233.pdf>
- Ministerio del Ambiente y Agua. (2013). *MAE entregó estudio de Pre- inversión para Gestión Integral de Desechos Sólidos del cantón Durán (Guayas)*. (N.º 1). Recuperado de <https://www.ambiente.gob.ec/mae-entrego-estudio-de-pre-inversion-para-gestion-integral-de-desechos-solidos-del-canton-duran-guayas/>
- Ministerio del Ambiente y Agua. (2015). *Programa 'PNGIDS' Ecuador – Ministerio del Ambiente y Agua* (N.º 1). Recuperado de <https://www.ambiente.gob.ec/programa-pngids-ecuador/>

- Ministerio del Ambiente y Agua. (2017). *Código Orgánico del Ambiente (COA) – Ministerio del Ambiente y Agua* (N.º 1). Recuperado de <https://www.ambiente.gob.ec/codigo-organico-del-ambiente-coa/>
- Ministerio del Ambiente y Agua. (2019a). *Aprovechamiento de los residuos orgánicos reportado por los Gobiernos Autónomos Descentralizados*. (N.º 1). Recuperado de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2018/Residuos_solidos_2018/
- Ministerio del Ambiente y Agua. (2019b). Reglamento al Código Orgánico del Ambiente | Ecuador—Guía Oficial de Trámites y Servicios. Recuperado 19 de enero de 2021, de <https://www.gob.ec/regulaciones/reglamento-al-codigo-organico-ambiente>
- Ministerio del Ambiente y Agua. (2020). *Ecuador impulsa la gestión adecuada de residuos orgánicos en las ciudades—MAE* (N.º 1). Recuperado de <https://www.ambiente.gob.ec/ecuador-impulsa-la-gestion-adecuada-de-residuos-organicos-en-las-ciudades/>
- Ministerio del Ambiente y Agua. (2021). *Glosario—Pras*. Recuperado de <http://pras.ambiente.gob.ec/web/siesap/glosario>
- Molina Guzmán, A. M., Múnera Chaverra, A. M., Ramos Mosquera, A. L., Guerrero Zambrano, F. D., Salazar Muñoz, S. P., & Ramírez Villa, S. (2009). *Plan de manejo integral de residuos sólidos para la Universidad de San Buenaventura, sede Medellín* (Tesis de Pregrado, Universidad de San Buenaventura). Universidad de San Buenaventura, Medellín. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10819/334>
- Muirragui, S. (2017). *Implementación de un sistema de compostaje de residuos sólidos orgánicos en el sector comercial localizado en la ciudadela Abel*

- Gilbert—Cantón Durán*. (Tesis de Pregrado). Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil. Recuperado de https://cia.uagraria.edu.ec/cia_inv_view.php?id=28550&option=view
- Nivela Orozco, C. (2017). *Gestión integral y manejo ambiental de los residuos sólidos en la ciudad de Babahoyo* (Tesis de Pregrado). Universidad Internacional del Ecuador, Quito. Recuperado de <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/1888>
- NTE INEN. NTE INEN 233:2013 Fertilizantes o abonos. Determinación cuantitativa del fósforo., AG 03.02-312 § (2013).
- NTE INEN. NTE INEN 235:2013 Fertilizantes o abonos. Determinación del potasio soluble en agua., AG 03.02-314 § (2013).
- NTE INEN. NTE INEN 236:2013 Fertilizantes o abonos. Determinación de la acidez libre., 23AG 03.02-315 § (2013).
- NTE INEN. NTE INEN 2025:2013 Fertilizantes o abonos. Determinación del nitrógeno total conteniendo nitratos. , AG 03.02-317 § (2013).
- Ocampo, D. (2013). Jerarquización de la Gestión Integral de Residuos Sólidos. *Hacia la sostenibilidad - Towards Sustainability - Éxito empresarial*, 3. Recuperado de http://www.cegesti.org/exitoempresarial/publicaciones/publicacion_230_080413_es.pdf
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2014). *Fiscalización Ambiental en Residuos Sólidos de gestión municipal provincial* (N.º 1). Perú: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. Recuperado de Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental website:

- <https://www.gob.pe/institucion/oefa/informes-publicaciones/1113641-fiscalizacion-ambiental-en-residuos-solidos-de-gestion-municipal-provincial>
- Organización de Naciones Unidas. (2017). *Aumenta la generación de residuos en América Latina y el Caribe mientras 145.000 toneladas aún se disponen de forma inadecuada cada día—ONU*. Recuperado de <http://www.unenvironment.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/aumenta-la-generacion-de-residuos-en-america-latina-y-el-caribe>
- Pon, J. (2017). *Aumenta la generación de residuos en América Latina y el Caribe mientras 145.000 toneladas aún se disponen de forma inadecuada cada día—ONU*. Recuperado de <http://www.unenvironment.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/aumenta-la-generacion-de-residuos-en-america-latina-y-el-caribe>
- Ramos, D., & Terry, E. (2014). Revisión bibliográfica: Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales, INCA*, 35, 52-59. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362014000400007&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Röben, E. (2002). *Manual de Compostaje para Municipios*. Recuperado de <http://www.resol.com.br/Cartilha7/ManualCompostajeparaMunicipios.pdf>
- Román, P., Martínez, M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de Compostaje del Agricultor—Experiencias en América Latina*. 1, 21-65. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- Samaniego, E. (2019). *Diseño de un sistema de compostaje a partir de los residuos sólidos orgánicos del mercado central municipal del cantón Montalvo*,

- provincia de Los Ríos* (Tesis de Pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil. Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/39717>
- Srivastava, V., Ismail, S. A., Singh, P., & Singh, R. P. (2015). Urban solid waste management in the developing world with emphasis on India: Challenges and opportunities. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 14, 317-337. <https://doi.org/10.1007/s11157-014-9352-4>
- Suárez, D. (2020). *Manual técnico para el registro y control de fertilizantes, enmiendas de suelo y productos afines de uso agrícola* (N.º 5). AGROCALIDAD. Recuperado de AGROCALIDAD website: <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/ac6.pdf>
- Tipán, P. (2016). *Diseño de una planta para el procesamiento de compostaje a partir de residuos orgánicos urbanos para la Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral Patate—Pelileo*. (Tesis de Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6519>
- Torres, P. (2006). *Probabilidad y Estadística*. Recuperado de <https://bit.ly/3b1mgEX>
- Tortosa, G. (2015, febrero 10). Sistemas de compostaje. Recuperado 15 de febrero de 2021, de Compostando Ciencia website: <http://www.compostandociencia.com/2015/02/sistemas-de-compostaje/>
- US EPA, OLEM. (2015). *Sustainable Materials Management: Non-Hazardous Materials and Waste Management Hierarchy*. Recuperado de <https://www.epa.gov/smm/sustainable-materials-management-non-hazardous-materials-and-waste-management-hierarchy>
- US EPA, ORD. (2015). *Exposure Factors Handbook*. Recuperado de <https://www.epa.gov/expobox/about-exposure-factors-handbook>

- Vásquez, E. I. (2020). *Los desechos: Un análisis actualizado del futuro de la gestión de los desechos sólidos* [Informativo]. Recuperado de <https://www.bancomundial.org/es/news/immersive-story/2018/09/20/what-a-waste-an-updated-look-into-the-future-of-solid-waste-management>
- Viteri Vega, Lady. (2020). *Producción de biogás a partir de residuos orgánicos de frutas y hortalizas generados en el mercado Gómez Rendón*. (Tesis de Pregrado). Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil. V18. Recuperado de https://cia.uagraria.edu.ec/cia_inv_view.php?id=33676&option=view
- Wang, T., Xin, H. B., Xue, Z. Y., Li, Q. L., Cui, D. Q., Liu, L., & Xin, Y. F. (2014). The Design of a Small Composting System and Turning Device—III Central European Conference on Logistics. *Applied Mechanics and Materials*, 2, 496-500. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.496-500.869>
- Yu, S., Clark, O., & Leonard, J. J. (2008). Estimation of vertical air flow in passively aerated compost in a cylindrical bioreactor. *Canadian Biosystems Engineering / Le Genie des biosystems au Canada*, 50, 6.29-6.35.

9. Anexos

6.1 Anexo 1. Ubicación del área de estudio

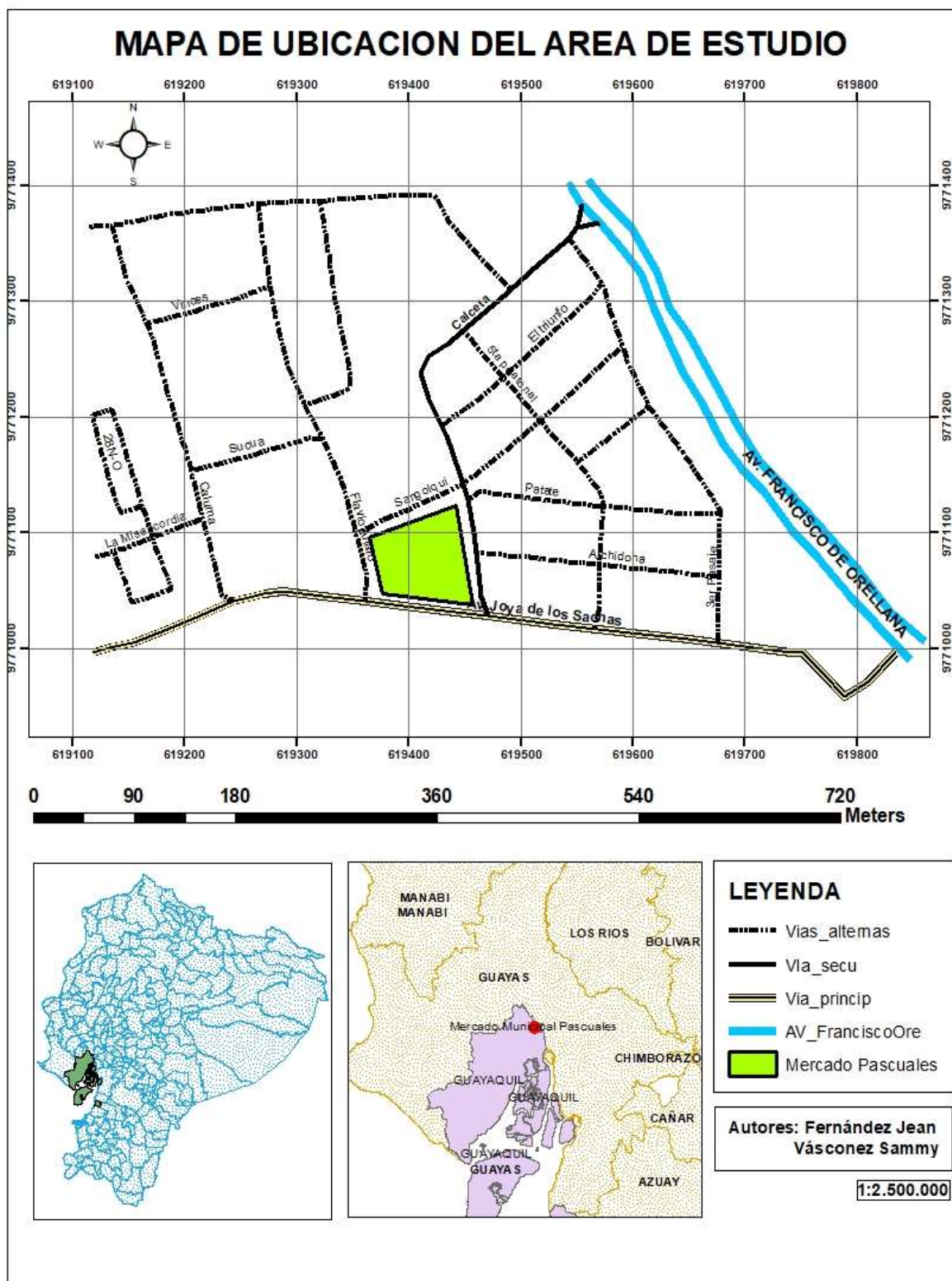


Figura 24. Mapa de ubicación del área de estudio
 Fernández y Vásconez, 2021

6.2 Anexo 2. Formato de encuesta



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ENCUESTA DE PERCEPCIÓN SOBRE EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS Y SU DISPOSICIÓN FINAL EN EL MERCADO MUNICIPAL PASCUALES

Código de encuesta _____ Fecha: _____

Instrucciones: Seleccione con una X la respuesta que crea adecuada para cada pregunta.

1	¿Considera usted que existe un plan de manejo de los residuos sólidos en el mercado municipal de Pascuales?	2	¿Qué tipo de residuos genera en su negocio?
	SI		Restos vegetales y frutas
	NO		Restos de comida
			Plástico
			Papel y cartón
3	¿Dónde almacena habitualmente los residuos sólidos generados?	4	¿Considera usted que el mercado municipal de Pascuales está organizado con suficientes contenedores para almacenar los residuos sólidos?
	Bolsas		SI
	Tanques	NO	
	Piso		
	Otros:		
5	Una vez que se generan los residuos sólidos ¿Usted los clasifica?	6	¿Cómo maneja los residuos sólidos en su negocio?
	SI		Los recicla
NO	Los reutiliza		
			Se lleva el recolector
			Ninguno
7	¿De qué forma entrega sus residuos al servicio de recolección municipal?	8	¿Con qué frecuencia recoge los residuos sólidos orgánicos de su negocio?
	Lo entrega directamente al personal		1 día
	Lo deja fuera de su local		2 días
	Lo deja alejado de su local		3 días
	Otros:		4 días
9	Ha detectado la presencia de vectores (ratas, moscas, cucarachas, entre otros) por la acumulación de residuos en su negocio o a los alrededores.	10	¿Cree usted que es necesario diseñar un sistema de compostaje para aprovechar los residuos sólidos orgánicos que se generan en el mercado municipal de Pascuales?
	SI		SI
	NO		NO

Figura 25. Formato de encuesta
Fernández y Vásconez, 2021

6.3 Anexo 3. Consentimiento informado de los participantes



UNIVERSIDAD
AGRARIA DEL ECUADOR

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Mediante la firma de este documento, doy mi consentimiento para participar en el trabajo de investigación "Diseño de un sistema de compostaje automatizado para residuos sólidos orgánicos generados en el mercado municipal de Pascuales", desarrollado por los estudiantes Jean Fernández y Sammy Vásquez.

Además, doy fe que estoy participando de manera voluntaria y que la información que aporte es confidencial, afirmo que se me proporcionó suficiente información, así como de su rol en ella como participante.

N°	Nombre y Apellido	Cédula	Firma
1	Diana Reyes Vargas	0950615687	
2	Katinka Cortes	0952697004	
3	Socinia Rodriguez Cortes	0918735525	
4	Kimberly Pisco	0924122864	
5	Valeria Barios Ch.	092674196-8	
6	Ingrid Maira R.	0922973920	
7	Jesús María Rodríguez H	1207085987	
8	Jayra Alvarado	0933027423	
9	Raquel Velasquez	0919369108	
10	José Ascarza	092582187-8	
11	Alison Noel	0923741102	
12	Mabila Alonso	0955232547	
13	Giovanna Pincay Lucido	092689579-8	
14	Luz Marina Alay	0906914916	
15	Schana Bonato Bayona	0925344701	
16	Yosni Cevallos Sánchez	0917716939	
17	Felipe MACIAS	1313126201	
18	Carlos De Luis	3000179572	
19	Genesis ESPINOZA	0924809429	
20	FREDDY ESPINDU	1200566337	

Figura 26. Listado de participantes en el proyecto parte 1 de 3
Fernández y Vásquez, 2021

21	JUAN CURIPOMA	070662717-1	
22	Luis Chasi	095062731-5	
23	Shan Burede	091128517-8	
24	Blanca Padilla	0910168129	
25	Karla Maldonado	0925226482	
26	Luis Dala	0925927545	
27	Valeria Holguin Diaz	0952256287	
28	Pilar Alvarado	0920766003	
29	Liz Andueza	0912737374	
30	Lilian manceronati	091963011-1	
31	Alex Moran	0912873676	
32	Henry Bongallo	0925152853	
33	Cobardo López	0928003797	
34	Julio Villacas	0929649791	
35	Diana Morales	0918316910	
36	Stefanía Cok	0911514411	
37	Stefanía Cok	09723820	
38	Victoria Alvarez	0028758846	
39	Andrea Almeida	0951133131	
40	Roberto Ramirez	0919530125	
41	José Coronado	0918158072	
42	Cynthia Sierra	0925659331	
43	Luzmila Subirato	0930264329	
44	Marisol Rodriguez	0910247021	
45	Olivia Zamora	0925244390	
46	Paola Banchio	092223323	

Figura 27. Listado de participantes en el proyecto parte 2 de 3
Fernández y Vásconez, 2021

47	Bergina Amiles	1205686460	Bergina Acuña F.
48	Alex Tenesaca	0605572651	
49	JUAN GORMAN	0910239968	
50	José José	0916318603	

Figura 28. Listado de participantes en el proyecto parte 3 de 3
Fernández y Vásquez, 2021

6.4 Anexo 4. Personal administrativo del mercado municipal de Pascuales



Figura 29. Estudiantes junto a Lic. Reinaldo Torres jefe de la zona 8 Aseo Cantonal
Fernández y Vásconez, 2021

6.5 Anexo 5. Encuestas al personal



Figura 30. La Srta. Sammy Vásconez realizando la encuesta en el local 22
Fernández y Vásconez, 2021



Figura 31. El estudiante Jean Fernández recolectando los residuos orgánicos
Fernández y Vásconez, 2021



Figura 32. Estudiante Jean Fernández aplicando el método de cuarteo
Fernandez y Vásconez, 2021

6.6 Anexo 6. Construcción del sistema de compostaje tipo horizontal



Figura 33. La Srta. Sammy Vásconez realizando perforaciones al tanque de polietileno
Fernández y Vásconez, 2021



Figura 34. Estudiantes realizando cortes para la estructura del sistema de compostaje
Fernández y Vásconez, 2021

6.7 Anexo 7. Sistema de compostaje horizontal



Figura 35. Máquina de compostaje de tipo horizontal automatizada
Fernández y Vásconez, 2021

6.8 Anexo 8. Circuito de componentes electrónicos

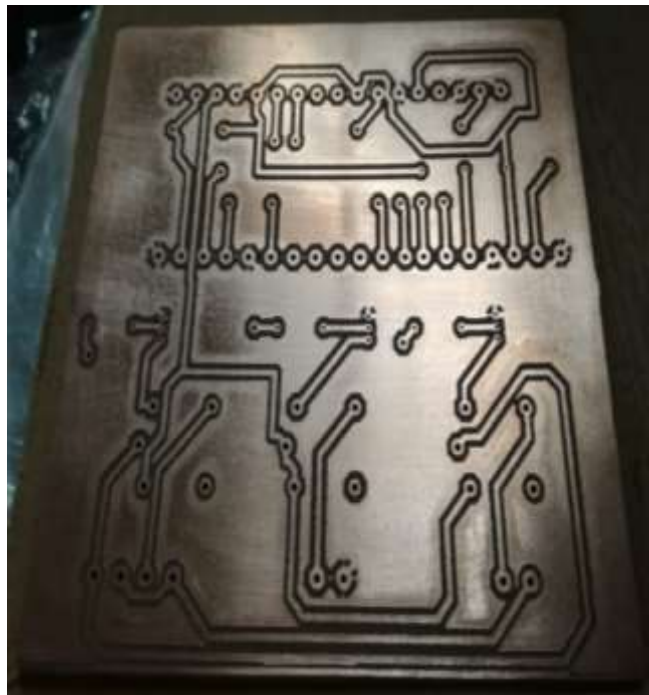


Figura 36. Placa PCB impresa en baquelita
Fernández y Vásconez, 2021

6.9 Anexo 9. Sistema electrónico

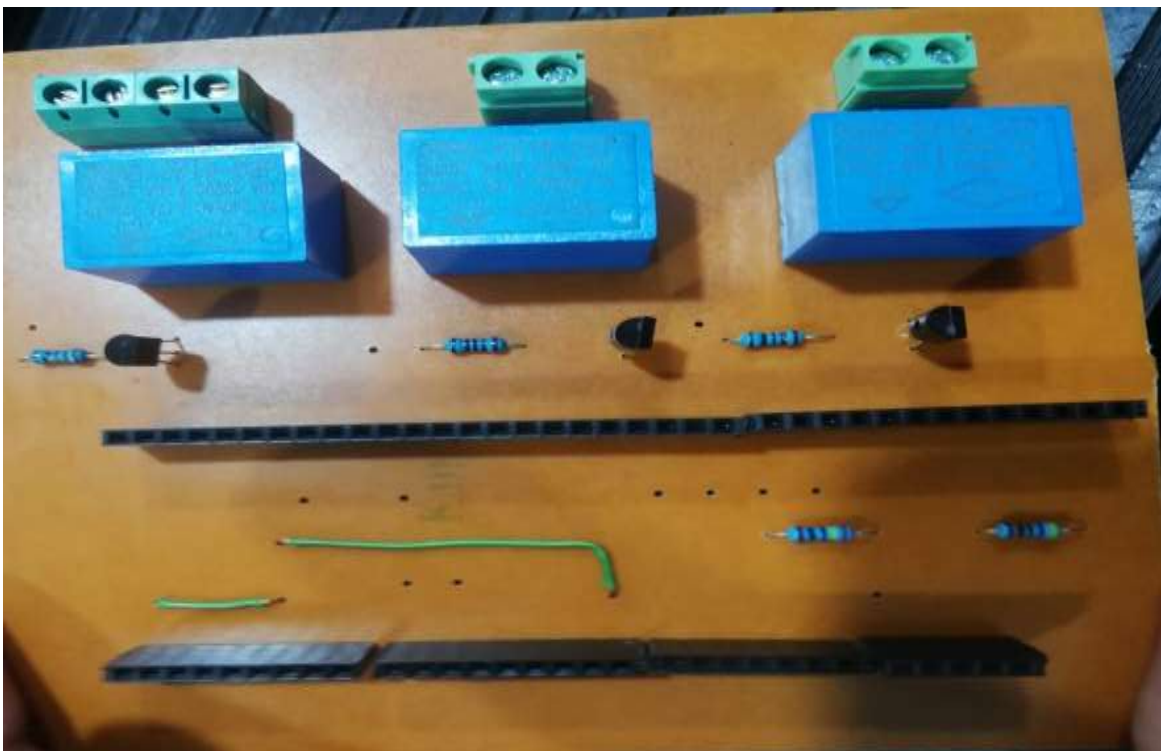


Figura 37. Ensamblaje del sistema electrónico
Fernández y Vásconez, 2021

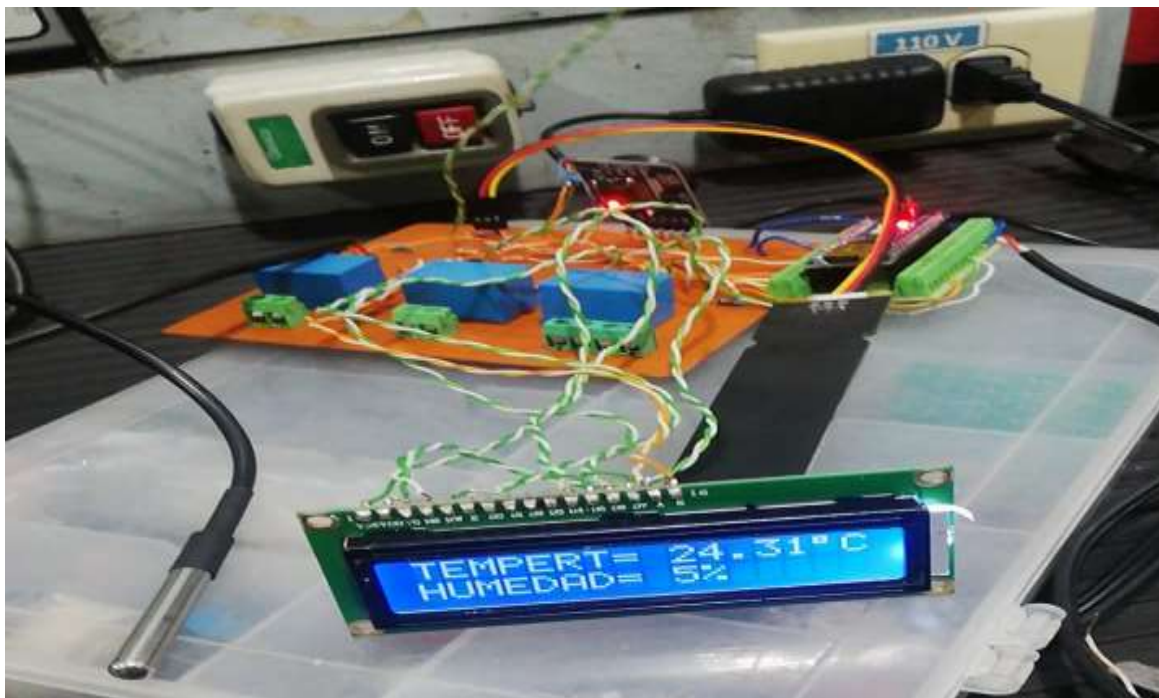


Figura 38. Sistema electrónico de automatización ensamblado
Fernández y Vásquez, 2021

6.10 Anexo 10. Residuos orgánicos depositados al interior del compostador



Figura 39. Residuos orgánicos trozados que fueron depositados al sistema
Fernández y Vásquez, 2021



Figura 40. La Srta. Sammy Vásconez depositando los residuos orgánicos en el interior del compostador
Fernández y Vásconez, 2021



Figura 41. Residuos orgánicos en el interior del compostador el primer día
Fernández y Vásconez, 2021

6.11 Anexo 11. Código de programación del sistema de monitoreo primera

semana

```

#include <LiquidCrystal.h>
#include <DHT11.h>

LiquidCrystal lcd(12, 11, 10, 9, 8, 7);//PINES DESIGNADOS PARA EL LCD
//(RS, E, d4, d5, d6, d7)
#include "RTCLib.h"
RTC_DS3231 rtc;

//SCL-A5
//SDA-A4

int vertemp = 0;
int ventilador = 6;
int sensortemp = 2;
int aspersor =5;
int motor =4;

int value0=0;//ASIGNACION DE VARIABLE TIPO ENTERO

DHT11 dht11(sensortemp);

void setup()
{
  Serial.begin(9600); // Iniciamos la puerta serie

#ifdef ESP8266
  while (!Serial); // wait for serial port to connect. Needed for native USB
#endif

  if (! rtc.begin()) {
    Serial.println("Couldn't find RTC");
    Serial.flush();
    abort();
  }
  if (rtc.lostPower()) {
    Serial.println("RTC lost power, let's set the time!");
  }

  pinMode(vertemp, INPUT_PULLUP);//ACTIVACION DE ENTRADAS PULLUP
  pinMode(ventilador, OUTPUT);

```

```

pinMode(aspensor, OUTPUT); // configura el pin 13 como salida
pinMode(motor, OUTPUT);

lcd.begin(16, 2); //Inicializa la pantalla
lcd.clear(); //LIMPIA EL LCD
lcd.setCursor(0, 0); //Posiciona el cursor en la posicion (0,0)
lcd.print("INICIANDO..."); //Muestra el mensaje
delay(2000);
}

void loop()
{

//int Lectura = analogRead(A0) ;

delay(200) ;

int err;
float temp, hum;
if((err = dht11.read(hum, temp)) == 0)
Serial.println(temp);

lcd.clear();

value0 = digitalRead(vertemp); //SE DETERMINA QUE LA VARIABLE value0
LEERA EL VALOR DEL Pin0

lcd.setCursor(0, 0);
DateTime now = rtc.now();

lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Fecha: ");
lcd.print(now.day());
lcd.print('/');
lcd.print(now.month());
lcd.print('/');
lcd.print(now.year());
lcd.print(" ");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Hora : ");
lcd.print(now.hour());
lcd.print(':');
lcd.print(now.minute());
lcd.print(':');

```

```

lcd.print(now.second());

if (value0 == LOW) {
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0); //(columna, fila)
  lcd.print("TEMPERT= ");
  lcd.print(temp);
  lcd.print((char)223);
  lcd.print("C");
  lcd.setCursor(0, 1); //(columna, fila)
  lcd.print("HUMEDAD= ");
  lcd.print(hum);
  lcd.print("%");
  delay(5000);
}
if (temp >60){
  digitalWrite(ventilador, HIGH); //activa una salida
}
if (temp <35){
  digitalWrite(ventilador, LOW);
}

if (hum <40){
  digitalWrite(aspersor, HIGH); //activa una salida
}
if (hum >70){
  digitalWrite(aspersor, LOW);
}

if(now.hour()== 9 && now.minute() == 00 && (now.second() >= 00 &&
now.second() <= 00)) {
  digitalWrite(motor, HIGH);
  delay(15000);
  digitalWrite(motor, LOW);
}

if(now.hour()== 15 && now.minute() == 00 && (now.second() >= 00 &&
now.second() <= 00)) {
  digitalWrite(motor, HIGH);
  delay(15000);
  digitalWrite(motor, LOW);
}

```



```

    if(now.hour()== 21 && now.minute() == 00 && (now.second() >= 00 &&
now.second() <= 00)) {
        digitalWrite(motor, HIGH);
        delay(15000);
        digitalWrite(motor, LOW);
    }

}

/*int Bomba = 10;
int Sensor = A0;
void setup() {

    pinMode(Bomba, OUTPUT);
    pinMode(Sensor, INPUT);
    Serial.begin(9600);
}
void loop() {

    int almacenador = analogRead(Sensor);
    int valor = (almacenador / 10.23); // Valor de humedad
    if(valor >= 70){
        digitalWrite(Bomba, HIGH);
        delay(10000);
        digitalWrite(Bomba, LOW);
    }
    Serial.print(valor);
    delay(2000);
}*/

```

6.12 Anexo 12. Código de programación para el sistema de monitoreo

```

#include <LiquidCrystal.h>
#include <DHT11.h>

LiquidCrystal lcd(12, 11, 10, 9, 8, 7);//PINES DESIGNADOS PARA EL LCD
//(RS, E, d4, d5, d6, d7)
#include "RTClib.h"
RTC_DS3231 rtc;

//SCL-A5
//SDA-A4

```

```

int vertemp = 0;
int ventilador = 6;
int sensortemp = 2;
int aspersor =5;
int motor =4;

int value0=0;//ASIGNACION DE VARIABLE TIPO ENTERO

DHT11 dht11(sensortemp);

void setup()
{
  Serial.begin(9600);  // Iniciamos la puerta serie

  #ifndef ESP8266
  while (!Serial); // wait for serial port to connect. Needed for native USB
  #endif

  if (! rtc.begin()) {
    Serial.println("Couldn't find RTC");
    Serial.flush();
    abort();
  }
  if (rtc.lostPower()) {
    Serial.println("RTC lost power, let's set the time!");
  }

  pinMode(vertemp, INPUT_PULLUP);//ACTIVACION DE ENTRADAS PULLUP
  pinMode(ventilador, OUTPUT);
  pinMode(aspersor, OUTPUT);// configura el pin 13 como salida
  pinMode(motor, OUTPUT);

  lcd.begin(16, 2);  //Inicializa la pantalla
  lcd.clear();//LIMPIA EL LCD
  lcd.setCursor(0, 0);  //Posiciona el cursor en la posicion (0,0)
  lcd.print("INICIANDO...");  //Muestra el mensaje
  delay(2000);
}

void loop()
{

  //int Lectura = analogRead(A0) ;

```



```

delay(200) ;

int err;
float temp, hum;
if((err = dht11.read(hum, temp)) == 0)
  Serial.println(temp);

lcd.clear();

value0 = digitalRead(vertemp);//SE DETERMINA QUE LA VARIABLE value0
LEERA EL VALOR DEL Pin0

lcd.setCursor(0, 0);
DateTime now = rtc.now();

lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Fecha: ");
lcd.print(now.day());
lcd.print('/');
lcd.print(now.month());
lcd.print('/');
lcd.print(now.year());
lcd.print(" ");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Hora : ");
lcd.print(now.hour());
lcd.print(':');
lcd.print(now.minute());
lcd.print(':');
lcd.print(now.second());

if (value0 == LOW) {
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0); //(columna, fila)
  lcd.print("TEMPERT= ");
  lcd.print(temp);
  lcd.print((char)223);
  lcd.print("C");
  lcd.setCursor(0, 1); //(columna, fila)
  lcd.print("HUMEDAD= ");
  lcd.print(hum);
  lcd.print("%");
  delay(5000);
}

```

```

}
if (temp >50){
digitalWrite(ventilador, HIGH); //activa una salida
}
if (temp <20){
digitalWrite(ventilador, LOW);
}

if (hum <25){
digitalWrite(aspersor, HIGH); //activa una salida
}
if (hum >60){
digitalWrite(aspersor, LOW);
}

if(now.hour()== 9 && now.minute() == 00 && (now.second() >= 00 &&
now.second() <= 00)) {
digitalWrite(motor, HIGH);
delay(15000);
digitalWrite(motor, LOW);
}

if(now.hour()== 15 && now.minute() == 00 && (now.second() >= 00 &&
now.second() <= 00)) {
digitalWrite(motor, HIGH);
delay(15000);
digitalWrite(motor, LOW);
}

if(now.hour()== 21 && now.minute() == 00 && (now.second() >= 00 &&
now.second() <= 00)) {
digitalWrite(motor, HIGH);
delay(15000);
digitalWrite(motor, LOW);
}

}

/*int Bomba = 10;
int Sensor = A0;
void setup() {

pinMode(Bomba, OUTPUT);

```

```
pinMode(Sensor, INPUT);  
Serial.begin(9600);  
}  
void loop() {  
  
int almacenador = analogRead(Sensor);  
int valor = (almacenador / 10.23); // Valor de humedad  
if(valor >= 70){  
digitalWrite(Bomba, HIGH);  
delay(10000);  
digitalWrite(Bomba, LOW);  
}  
Serial.print(valor);  
delay(2000);  
}*/
```

6.13 Anexo 13. Muestra de abono orgánico enviada a laboratorio




Figura 42. Muestra de abono orgánico maduro
Fernández y Vásconez, 2021

6.14 Anexo 14. Resultados de laboratorio LASA para abono orgánico



LABORATORIO DE
 ENSAYOS ACREDITADO
 POR LA SAE CON
 ACREDITACIÓN
 N° SAE 115/01/032





INFORME DE RESULTADOS

INF. LASA-01-09-21-3892
ORDEN DE TRABAJO No. 21-4029

INFORMACIÓN DEL CLIENTE			
SOLICITADO POR: FERNANDEZ FLORIN JEAN VICENTE		DIRECCIÓN: CDLA. LAS ORQUIDEAS MZ 1057 VILLA 11	
TELÉFONO/FAX: 0982773729	TIPO DE MUESTRA: SUELO	PROCEDENCIA: ABONO ORGANICO - COMPOST JF	
IDENTIFICACIÓN: SUELO 13:25		CODIGO INICIAL: S1 - FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 17/08/2021	
<i>Información suministrada por el cliente</i>			
INFORMACIÓN DEL LABORATORIO			
MUESTREO POR: SOLICITANTE	FECHA DE MUESTREO: -	INGRESO AL LABORATORIO: 19/08/2021	
FECHA DE ANÁLISIS: 18/08-01/09/2021	FECHA DE ENTREGA: 01/09/2021	NÚMERO DE MUESTRAS: Una (1)	
CÓDIGO DE MUESTRA: 21-10863		REALIZACIÓN DE ENSAYOS: LABORATORIO	

ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	INCERTIDUMBRE U (k=2)	MÉTODO DE ENSAYO
1	CARBON ORGANICO TOTAL	%	9,86	-	^a Gravimetría*
2	FOSFORO TOTAL	%	0,10	± 29%	* PEE LASA.FQ.09c APHA 4500-P B y E *
3	MATERIA ORGANICA	%	21,83	-	^b Gravimetría *
4	NTK	%	0,46	± 17%	* PEE LASA.FQ.06 APHA 4500 Norg C *
5	pH	Unidades de pH	6,31	± 0,17 Unid. De pH	^b PEE LASA.FQ.50 EPA 9045 D
6	POTASIO	%	1,01	-	^b Absorción Atómica - Llama EPA 7000 B*

Los ensayos marcados con * NO están incluidos en el alcance de acreditación del SAE.
 Los ensayos marcados con (b) NO están incluidos en el alcance de acreditación de AZLA.
 Los ensayos marcados con (a) ESTÁN incluidos en el alcance de acreditación de AZLA.



QUÍM. PABLO SAAVEDRA
JEFE DE DEPARTAMENTO

Prohibida la reproducción parcial por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio.
 LASA se responsabiliza exclusivamente del resultado correspondiente a los ensayos en la muestra recibida en el laboratorio, por el contrario no se responsabiliza de la información proporcionada por el cliente asociada a la muestra así como sus datos descriptivos.
 Los criterios de confiabilidad serán emitidos solamente si el cliente lo solicita por escrito.
 El laboratorio se compromete con la Integridad y Confidencialidad de la información y los resultados (la aceptación de este informe implica la aceptación de la política relativa al tema y declarada en www.laboratoriolas.com)

Pág. 1 de 1

Figura 43. Informe de laboratorio para muestra de abono orgánico Laboratorio LASA, 2021