



**SEDE CENTRAL
LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN SALUD OCUPACIONAL Y
AMBIENTE**

**Implementación de un Proyecto de Gestión
Ambiental para el aprovechamiento y reducción de
los residuos orgánicos generados por tres
empresas del GAM.**

Ariana Rodríguez Vásquez

Jennifer Monestel Miranda

Greilyn Víquez Zúñiga

**Propuesta de Trabajo Final de Graduación presentada como requisito parcial para
optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Salud Ocupacional y Ambiente.**

2018

Hoja de aprobación con el nombre de los miembros del Tribunal Evaluador

DEDICATORIA

Con el más sincero afecto, dedicamos este proyecto de graduación a todas las personas que nos apoyaron durante su ejecución, a quienes nos brindaron rigurosas recomendaciones para su mejora, y a todos aquellos que, de una u otra manera, sacrificaron parte de su tiempo para dedicarlo a nuestra formación.

Especialmente, se lo dedicamos a nuestros profesores y familiares, así como a cada una de las empresas que abrió sus puertas para desarrollar nuestra propuesta. En suma, a todos esos que, en alguna medida, compartieron nuestro esfuerzo por escalar este anhelado peldaño, el que nos acredita como Licenciadas en Ingeniería de Salud Ocupacional y Ambiente.

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia, agradecemos a cada uno de nuestros formadores, personas de gran sabiduría, sin cuyo acompañamiento nunca hubiésemos alcanzado esta meta. El proceso no ha sido sencillo, pero gracias a su avidez por la enseñanza y a su paciente dedicación, hemos logrado, no solo una titulación académica, sino un respeto insobornable por la vocación educativa y por el valor del quehacer investigativo.

En segundo término, a nuestras familias y amigos, porque su vocación irrenunciable los hizo estar presentes cuando el objetivo parecía lejano e intrincado; porque todas las dichas, y especialmente esta que nos embarga ahora, deben reconocer su paciente compañía en los momentos de angustia.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
3. JUSTIFICACIÓN	4
4. ESTADO DE LA CUESTIÓN	6
5. OBJETIVO GENERAL	8
5.1. OBJETIVO ESPECÍFICOS	8
6. APROXIMACIÓN AL MARCO TEÓRICO	9
6.1. RESIDUOS	10
6.1.1. <i>Clasificación de los residuos</i>	10
6.1.2. <i>Problemática actual de los rellenos sanitarios</i>	12
6.1.3. <i>Legislación ambiental aplicable</i>	13
6.1.4. <i>Alternativas de tratamiento de los residuos orgánicos</i>	15
6.1.5. <i>Los residuos orgánicos como materia prima para la producción de abonos orgánicos</i>	15
6.2. COMPOSTAJE DE RESIDUOS ORGÁNICOS	16
6.3. MÉTODO DE COMPOSTAJE TAKAKURA	17
6.3.1. <i>Grado de aceptación mundial del método de compostaje Takakura</i>	17
6.3.2. <i>Proceso del método de compostaje Takakura</i>	17
6.3.3. <i>Variables físicas y químicas durante el proceso del método compostaje Takakura</i>	19
6.4. MATERIAS PRIMAS PARA EL PROCESO DE COMPOSTAJE	21
6.5. VARIABLES RELACIONADAS A LA NATURALEZA DEL SUSTRATO	22
6.6. EFECTO DE LA APLICACIÓN DEL COMPOST SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICA, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO	23
6.7. PROGRAMA DE EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO DE GESTIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS	24
7. METODOLOGÍA	25
7.1. ENFOQUE DEL PROYECTO	25
7.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	25
7.3. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	26
7.4. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	27
7.4.1. <i>CARACTERIZACIÓN DE LAS EMPRESAS INVOLUCRADAS EN EL PROYECTO</i>	28
7.5. TÉCNICAS APLICADAS	31
7.6. CONSIDERACIONES ÉTICAS	33
8. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	35

8.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS PROVENIENTES DE CADA EMPRESA	35
8.1.1. <i>Caracterización de los residuos orgánicos Empresa A</i>	35
8.1.2. <i>Caracterización de los residuos orgánicos Empresa B</i>	39
8.1.3. <i>Caracterización de los residuos orgánicos Empresa C</i>	41
8.2. VALORACIÓN DEL CONOCIMIENTO DE LOS COLABORADORES SOBRE EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS	44
8.2.1. <i>Valoración de encuestas aplicadas a la Empresa A</i>	44
8.2.2. <i>Valoración de encuestas aplicadas a la Empresa B</i>	49
8.2.3. <i>Valoración de encuestas aplicadas a la Empresa C</i>	53
8.3. EXPLORACIÓN DE LA PERCEPCIÓN DEL RIESGO BIOLÓGICO	58
8.4. IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE COMPOSTAJE TAKAKURA PARA EL TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS	62
8.4.1. <i>Recopilación de información</i>	62
8.4.2. <i>Implementación del método de compostaje Takakura Empresa A</i>	66
8.4.3. <i>Implementación del método de compostaje Takakura Empresa B</i>	76
8.4.4. <i>Implementación del método de compostaje Takakura Empresa C</i>	86
8.5. EVALUACIÓN DEL PROYECTO DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS	94
8.5.1. <i>Efectividad de la reducción del porcentaje de residuos orgánicos Empresa A</i>	94
8.5.2. <i>Efectividad de la reducción del porcentaje de residuos orgánicos Empresa B</i>	97
8.5.3. <i>Efectividad de la reducción del porcentaje de residuos orgánicos Empresa C</i>	99
9. CONCLUSIONES	102
10. RECOMENDACIONES	105
11. BIBLIOGRAFÍA	107

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Cantidad de colaboradores Empresa A.....	39
Gráfico 2. Cantidad de colaboradores Empresa B.....	42
Gráfico 3. Cantidad de colaboradores Empresa C.....	44
Gráfico 4. Representación del género Empresa A.....	48
Gráfico 5. Tipificación de los residuos orgánicos Empresa A.....	48
Gráfico 6. Aprovechamiento de los residuos orgánicos Empresa A.....	49
Gráfico 7. Gestión de la empresa en el tratamiento de residuos orgánicos Empresa A ...	49
Gráfico 8. Separación de los residuos Empresa A.....	50
Gráfico 9. Aprovechamiento de los residuos orgánicos Empresa A.....	50
Gráfico 10. Conocimiento del concepto de compostaje Empresa A.....	51
Gráfico 11. Método de Compostaje Takakura Empresa A	51
Gráfico 12. Tipificación de los residuos orgánicos Empresa B.....	52
Gráfico 13. Gestión de la Empresa B en el tratamiento de residuos orgánicos.....	53
Gráfico 14. Separación de los residuos Empresa B.....	53
Gráfico 15. Aprovechamiento de los residuos orgánicos Empresa B.....	54
Gráfico 16. Conocimiento del concepto de compostaje Empresa B.....	54
Gráfico 17. Método de Compostaje Takakura Empresa B	55
Gráfico 18. Representación del género Empresa C.....	56
Gráfico 19. Tipificación de los residuos orgánicos Empresa C	56
Gráfico 20. Separación de los residuos Empresa C	57
Gráfico 21. Aprovechamiento de los residuos orgánicos Empresa C.....	58
Gráfico 22. Conocimiento del concepto de compostaje Empresa C.....	58
Gráfico 23. Método de Compostaje Takakura Empresa C	58
Gráfico 24. Relación porcentual sobre el personal capacitado Empresa A	68
Gráfico 25. Control de pesaje de residuos orgánicos Empresa A	72

Gráfico 26. Control de humedad Empresa A	73
Gráfico 27. Control de temperatura Empresa A.....	74
Gráfico 28. Control de pH Empresa A	75
Gráfico 29. Relación porcentual sobre el personal capacitado Empresa B.....	77
Gráfico 30. Control de pesaje de residuos orgánicos Empresa B.....	80
Gráfico 31. Control de humedad Empresa B	81
Gráfico 32. Control de temperatura Empresa B.....	82
Gráfico 33. Control de pH Empresa B	84
Gráfico 34. Relación porcentual sobre el personal capacitado Empresa C.....	85
Gráfico 35. Control de pesaje de residuos orgánicos Empresa C.....	88
Gráfico 36. Control de humedad Empresa C.....	89
Gráfico 37. Control de temperatura Empresa C.....	90
Gráfico 38. Control de pH Empresa C	91
Gráfico 39. Eficiencia de la Implementación del Proyecto de Gestión Ambiental Empresa A	93
Gráfico 40. Eficiencia de la Implementación del Proyecto de Gestión Ambiental Empresa B	95
Gráfico 41. Eficiencia de la Implementación del Proyecto de Gestión Ambiental Empresa C	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema marco teórico.....	9
Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de preparación de alimentos Empresa A	36
Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de consumo de alimentos Empresa A.....	37
Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de jardinería Empresa A	38
Figura 5. Diagrama de flujo del proceso de consumo de alimentos Empresa B.....	40
Figura 6. Diagrama de flujo del proceso de preparación de alimentos Empresa C	42
Figura 7. Diagrama de flujo consumo de alimentos Empresa C.....	43
Figuras 8 y 9. Aplicación de encuesta Empresa A.....	44
Figuras 10 y 11. Aplicación de encuesta Empresa B.....	49
Figuras 12 y 13. Aplicación de Encuestas, Empresa C	53
Figura 14. Selección de los residuos orgánicos Municipalidad de San José.....	63
Figura 15. Aplicación del Método de Compostaje Takakura	64
Figura 16. Aplicación del Método de Compostaje Takakura	65
Figura 17. Caja método de compostaje Takakura Empresa A	66
Figura 18. Sustrato microbial Empresa A.....	67
Figuras 19 y 20. Capacitación en manejo de residuos orgánicos Empresa A.....	68
Figuras 21 y 22. Contenedor de residuos orgánicos Empresa A.....	68
Figuras 23 y 24. Preparación del residuo para la caja de compostaje	69
Figura 25. Mantenimiento del proceso de compostaje.....	69
Figuras 26 y 27. Obtención del abono orgánico Empresa A.....	70
Figura 28. Abono orgánico Empresa A	70
Figura 29. Control de pesaje Empresa A.....	71
Figura 30. Control de humedad Empresa A.....	73
Figura 31. Control de temperatura Empresa A	74

Figura 32. Control de pH Empresa A	75
Figura 14. Caja método de compostaje Takakura Empresa B	77
Figura 34. Capacitación Manejo de residuos orgánicos Empresa B	78
Figuras 35 y 36. Contenedor de residuos orgánicos Empresa B	78
Figuras 37 y 38. Preparación del residuo para la caja de compostaje	79
Figuras 39 y 40. Obtención del abono orgánico Empresa B	79
Figura 41. Control de pesaje Empresa B	80
Figura 42. Control de humedad Empresa B	81
Figura 43. Pesaje del compostaje para medición de pH Empresa B	84
Figura 44. Cintas para medir pH	84
Figura 45. Medición del pH	85
Figuras 46 y 47. Caja método de compostaje Takakura Empresa C1	86
Figuras 48 y 49. Capacitación en Manejo de residuos orgánicos Empresa C	87
Figuras 50 y 51. Generación de residuos Empresa C	88
Figura 52. Recolección de los residuos orgánicos Empresa C	88
Figuras 53 y 54. Recolección de los residuos orgánicos Empresa C	89
Figura 55. Obtención del abono orgánico	89
Figura 56. Control de pesaje Empresa C	90
Figura 57. Control de humedad Empresa C	91
Figura 57. Medición del pH Empresa C	93

Acrónimos

GAM	La Gran Área Metropolitana. Principal área metropolitana de Costa Rica incluye las conurbaciones de San José, Alajuela, Cartago y Heredia.
JICA	Agencia de Cooperación Internacional del Japón. Agencia independiente que coordina la asistencia pública oficial internacional de Japón.
ECOLUR	Ecolur - Compostaje Doméstico. Microempresa nacida en el año 2013 como una iniciativa del Colectivo Amalur; su objetivo es para fomentar el compostaje de residuos orgánicos, principalmente a escala doméstica o domiciliaria, familiar, comunitaria, institucional y empresarial.
pH	Potencial de Hidrógeno. Medida de acidez o alcalinidad de una disolución.
C/N	Relación Carbono/Nitrógeno. Valor numérico que determina la proporción de Carbono/Nitrógeno que se puede encontrar en un suelo.
NTP 578	Notas técnicas de prevención. Norma Española de riesgo percibido, la cual incluye un procedimiento de evaluación para conocer el riesgo percibido de las personas.

RESUMEN

El proyecto desarrollado evaluó la aplicación del método de compostaje Takakura, con el fin de tratar y reducir los residuos orgánicos generados en tres empresas. Para lograr dicho objetivo, se determinó la cantidad de residuos orgánicos generados, los cuales se caracterizaron y destinaron para disposición final y posterior tratamiento con el método de compostaje Takakura. En la caracterización se hizo la distinción de los diferentes procesos internos que generan los residuos orgánicos, esto con el fin de determinar el tipo de residuo que fue tratado.

Se implementaron dos encuestas; una basada en el manejo y tratamiento que se brinda a los residuos orgánicos, tanto en el hogar como la empresa, con el fin de valorar el conocimiento que tenían los colaboradores respecto al tema. La segunda encuesta se realizó por medio de la Norma Técnica Española NTP 578, con el objetivo de explorar la percepción al riesgo que existía entre los colaboradores de las tres empresas involucradas; esto último, con respecto a la exposición a los vectores biológicos que se pueden generar por motivo de la incorrecta disposición los residuos orgánicos presentes en el ambiente laboral.

Asimismo, se implementó un programa para el tratamiento de los residuos orgánicos, por medio del método de compostaje Takakura, para lo cual se llevó a cabo el control de los parámetros que influyen en el proceso: temperatura, humedad y pH del sustrato microbial. Esto se realizó durante el proceso de descomposición de los residuos orgánicos utilizados en el desarrollo del método de compostaje.

Para finalizar, se evaluó la efectividad del Proyecto de Gestión Ambiental implementado. Con ello, se determinó que sí se cumplió con el objetivo de reducir en un 20% la cantidad de residuos generados por cada empresa durante tres meses, los cuales abarcaron el período de mayo a julio del 2018.

1. INTRODUCCIÓN

El manejo de los residuos sólidos en Costa Rica sigue respondiendo, en gran medida, a iniciativas personales o comunales, y aún no se ha logrado integrar como una actividad propia de nuestro modelo de desarrollo. Sin embargo, desde el año 2010, con la entrada en vigor de la Ley para la Gestión Integral de Residuos N° 8839, se pretende cumplir con la regulación de la gestión y disposición de residuos, así como con el uso eficiente de los recursos naturales, mediante la planificación y ejecución de acciones regulatorias ambientales.

Pese a lo anterior, los problemas han ido aumentando porque que no existe una valoración adecuada de los residuos que se disponen a los rellenos sanitarios. Esto, debido la falta de educación y cultura ambiental, lo cual, a su vez, se desprende de la falta de políticas articuladas que regulen la disposición de desechos.

En la actualidad, con el Plan Nacional para la Gestión Integral de Residuos (2016-2021), se vienen desarrollando diversas actividades para reciclar, reducir, reparar, reutilizar y rechazar los residuos sólidos biodegradables y no biodegradables. Asimismo, con el interés de mejorar dichas actividades, se utilizan nuevas técnicas que permiten degradar la materia orgánica en menor tiempo para que sirva como abono orgánico. Finalmente, estas tareas están orientadas a procurar un ambiente saludable y libre de contaminación.

El método de compostaje Takakura es un proceso que contribuye a la obtención de compost a base de los residuos orgánicos que disponemos diariamente; para ello, requiere como precondition el uso de microorganismos que descompongan los residuos orgánicos en un corto tiempo (por ejemplo, los residuos de comida pueden ser descompuestos en 7 días) (Honobe, 2013). De esta forma, es una herramienta que puede ser utilizada como una opción para prevenir la mala disposición de los residuos orgánicos y evitar la saturación del espacio físico de los rellenos sanitarios.

La ejecución del método de compostaje Takakura en este proyecto de graduación tiene por objeto dar a conocer una alternativa que pueda ser replicada tanto en empresas públicas como privadas, o bien, en los hogares. Con ello, se podrían aprovechar los residuos orgánicos desechados diariamente para reutilizarlos como abono orgánico, dándoles un valor agregado y evitando que estos se dispongan en los rellenos sanitarios.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, se experimenta la problemática del agotamiento del espacio físico en los rellenos sanitarios y los efectos del cambio climático, a causa del mal manejo que se les ha dado a los residuos sólidos generados por el ser humano. Por tal motivo, este tema es crucial para Costa Rica en aspectos no solo de salud, sino en cuanto a protección del medio ambiente e inclusive en términos socioeconómicos.

Dicho lo anterior, es necesario que se fomente el aprovechamiento de los residuos orgánicos, dado que estos abarcan más del 50% de los desechos que se disponen; claro está, sin dejar de lado los restantes tipos de residuos. De este modo, los rellenos sanitarios no se agotarían con materiales a los cuales se les puede obtener un beneficio.

Ante esta realidad, surge el imperativo de implementar medidas de protección al medio ambiente y a las comunidades. Por ello, se plantea como opción viable un proyecto ecológico productivo a favor del aprovechamiento de los residuos biodegradables, con el fin de que estos se transformen a través del compostaje y así les aporten, tanto a las plantas como a la tierra, nuevos nutrientes para un mejor desarrollo.

3. JUSTIFICACIÓN

El compromiso internacional de ser una nación Carbono Neutral para el año 2021, adquirido por Costa Rica en el año 2012, ha obligado a buscar diferentes alternativas para la prevención y disminución de la contaminación.

Lamentablemente, estos esfuerzos no han sido suficientes en el ámbito del manejo y disposición de los residuos sólidos. Entretanto, se ha acrecentado la problemática existente en los rellenos sanitarios, puesto que estos espacios dedicados a la disposición final de los residuos se encuentran saturados y son insuficientes.

El Estado aún no ha tomado un papel protagónico en cuanto al control de la cantidad y calidad de los desechos que generan los diferentes actores sociales. Por su parte, en el sector industrial, la generación y disposición de los residuos ha respondido a una exigencia de mercado, más que a una política articulada. Es por esa razón que nace la necesidad de buscar una solución económicamente viable, con facilidad para reproducirla y con la eficiencia necesaria para corregir la problemática existente. En las empresas en que se ejecutó el método existe un fuerte compromiso y una exigencia de que se desarrollen este tipo de actividades.

Ante el contexto descrito, este proyecto no solo busca crear conciencia ambiental en la población laboral, sino plantear una opción concreta para el aprovechamiento de los residuos orgánicos en favor de la salud ambiental, a través de la intervención urgente de la disposición de elementos que están saturando los rellenos sanitarios sin necesidad alguna (residuos orgánicos).

Con este fin, el método de compostaje Takakura se muestra como una solución para resolver la problemática de la saturación de estos espacios físicos, auspiciado además por su factibilidad para ser aplicado en cualquier institución, empresa o espacio doméstico.

Sumado al panorama general ilustrado anteriormente, en términos estadísticos la producción per cápita de residuos sólidos está en el orden de 1,1 kg/hab-día, lo que arroja un valor promedio de un poco más de 5000 toneladas diarias de basura. De estos residuos, un porcentaje del 55 % corresponde a basura orgánica, 15,5% a papel y cartón, y 11,5% a plásticos (Plan Nacional para la Gestión Integral de Residuos 2016-2021).

Tal y como se desprende de los datos, más del 50% de los residuos que se disponen están conformados por materia orgánica. Si estos se pudieran procesar en forma apropiada para convertirlos en recursos naturales, la cantidad de desechos generados disminuiría enormemente y se podría planificar el mejoramiento del medio ambiente.

En consecuencia, con dicho propósito, se ha seleccionado el método de compostaje Takakura porque se ha comprobado que, en otras partes del mundo como Surabaya, Indonesia, ha tenido éxito en reducir hasta un 20% de los residuos orgánicos generados. Este proceso es un método de compostaje que utiliza bacterias de fermentación que pueden obtenerse a nivel local, se mezclan con materia orgánica y se fermentan naturalmente, lográndose la descomposición de la mayor parte de la porción orgánica en corto tiempo, sin generar malos olores ni lixiviados.

4. ESTADO DE LA CUESTIÓN

A continuación, se presenta el estado de la cuestión arrojado por toda la revisión bibliográfica existente en torno al método de compostaje Takakura.

El método de compostaje Takakura para residuos orgánicos nace en la ciudad de Surabaya, ubicada en Indonesia, en el año 2005, y por medio de varios agentes, en la actualidad se ha expandido por todo el sureste asiático y otras partes del mundo.

Esta idea nació a causa de que esta ciudad no contaba con un servicio de recolección de basura, por lo que se generaba acumulación de residuos sólidos, malos olores, así como proliferación de roedores e insectos, lo cual aumentaba la exposición a enfermedades, producto del mal manejo de los desechos existentes.

Al aplicar el método de compostaje Takakura, la ciudad de Surabaya, de manera económica, fácil y rápida, pudo reducir en más de un 20% los residuos procedentes de los hogares, con el beneficio de eliminar el problema de los malos olores y, a su vez, produciendo fertilizante para la aplicación de jardines, huertas, etc.

A nivel internacional, el Instituto de Estrategia del Medio Ambiente Global creó, en el año 2010, el Programa para el mejoramiento del medio ambiente urbano de la región de Asia-Pacífico, pues, debido a la rápida industrialización y urbanización, esta zona tuvo un aumento considerable de contaminación ambiental generada por residuos sólidos. Por lo tanto, se implementó el programa en más de 60 ciudades pertenecientes a 18 países de la región, con el objetivo de mejorar el medio ambiente de cada región involucrada mediante la recopilación de buenas prácticas ambientales.

En el año 2015, el Centro de Biotecnología de Ecuador implementa el método de compostaje Takakura para el tratamiento de los residuos orgánicos en la ciudad de Loja. Esto fue aprobado por el Centro Integral de Residuos Sólidos de Ecuador, con el objetivo de implementar una nueva técnica de compostaje que pudiera ser utilizada para la descomposición de residuos de manera rápida, económica y ambientalmente amigable.

En Costa Rica, en el 2013, se crea un programa similar dirigido por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA); su objetivo consistió en realizar un estudio de la población latinoamericana que, a la postre, facilitara las técnicas y beneficios del método de compostaje Takakura.

En esta misma línea, durante el 2017, JICA realiza un seminario de compostaje en el cual participaron más de 50 colaboradores con el fin de aprender a separar los residuos orgánicos y desechos ordinarios en cada comunidad; asimismo, se trabajó con ECOLUR, una pequeña empresa costarricense que fomenta el reciclaje de residuos orgánicos. Este programa va dirigido a los costarricenses que tengan interés en gestionar los residuos orgánicos por medio de este método; uno de los ejemplos que se pueden citar es la Municipalidad de Santo Domingo de Heredia y la Municipalidad de Hatillo, entre otros.

5. OBJETIVO GENERAL

Implementar un Proyecto de Gestión Ambiental para el tratamiento y reducción del 20% de los residuos orgánicos generados por tres empresas de la gran área metropolitana.

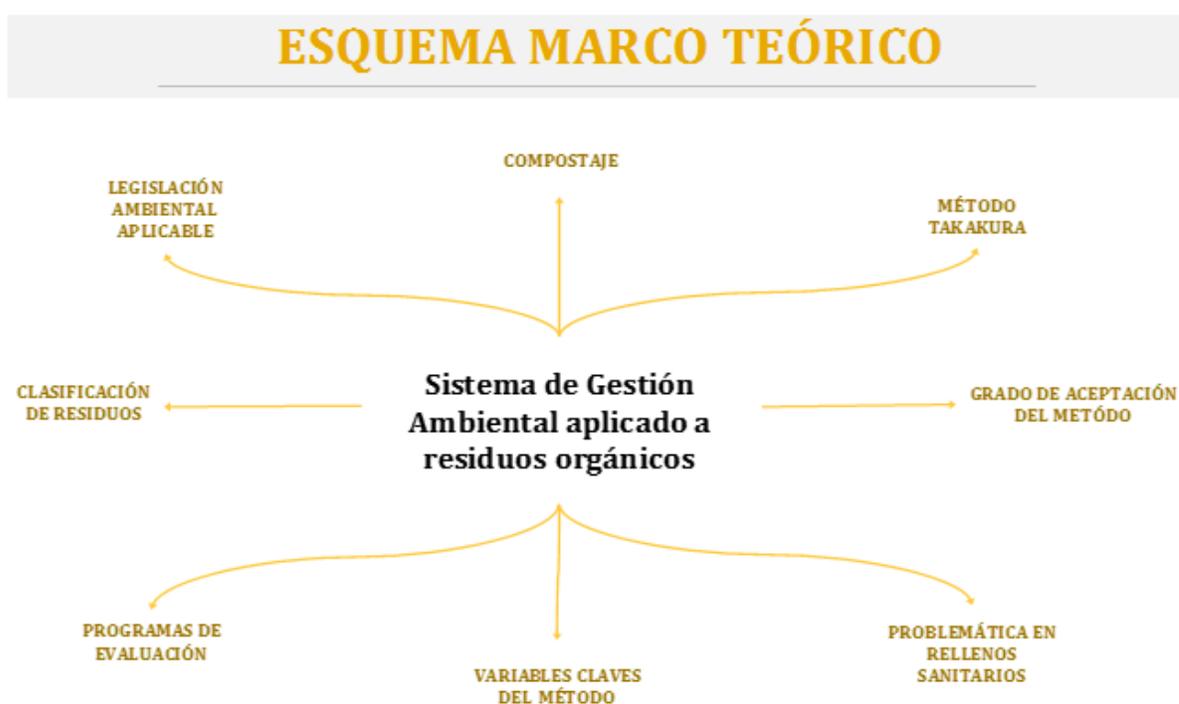
5.1.OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Caracterizar los residuos orgánicos de la empresa, provenientes de la actividad de jardinería, preparación y restos de consumo de alimentos, a partir de una adecuada separación en la fuente.
- Valorar el conocimiento que tienen los colaboradores sobre el manejo de residuos sólidos orgánicos; asimismo, sobre la adopción del método de compostaje Takakura.
- Explorar la percepción al riesgo que existe entre los colaboradores de las tres empresas involucradas en la investigación, con respecto a la exposición a los agentes biológicos.
- Implementar un programa para el tratamiento de los residuos orgánicos, por medio del método de compostaje Takakura.
- Evaluar la efectividad de la implementación del Proyecto de Gestión Ambiental de residuos sólidos orgánicos.

6. APROXIMACIÓN AL MARCO TEÓRICO

La estructura metodológica trabaja en la construcción de un cuerpo que describa de manera empírica los conceptos básicos para simplificar las ideas, conceptos y observaciones planteadas respecto del método de compostaje Takakura, específicamente desde la perspectiva exploratoria realizada en campo. A continuación; en principio, se presenta un esquema con la información que se analizará:

Figura 1. Esquema marco teórico



Fuente: elaboración propia

6.1.RESIDUOS

Se define como residuo o desecho a todo material, o resto de material generado en las actividades de producción y consumo, el cual no tiene uso alguno. En función de los recursos disponibles, los “desechos” son materiales fuera de lugar; desde el punto de vista económico, son el producto del uso ineficiente de los recursos en la producción de bienes y servicios; en el caso específico de los residuos industriales, se definen como todos aquellos materiales sobrantes o desperdicios generados en un establecimiento industrial. A menudo son reutilizables y pueden constituirse como un recurso, en tanto funcionen como materia prima para algún proceso; de esta manera, rápidamente adoptan un valor en el mercado. Por su parte, para definir si determinados residuos tienen potencial de reaprovechamiento, es necesario conocer su naturaleza u origen (Valderrama, 2013).

6.1.1. Clasificación de los residuos

La clasificación de los residuos tiene lugar desde varios enfoques y considera distintos parámetros. Para dicha clasificación, se consideran entre otros, los siguientes parámetros: origen o actividad emisora, toxicidad y peligrosidad, tamaño, naturaleza química de los materiales emisores, parámetros fisicoquímicos en general (INTEC, 1999).

Cuadro 1. Clasificación de los residuos

CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS			
ORIGEN	GRADO DE DESCOMPOSICIÓN	USO Y DISPOSICIÓN FINAL	SEGÚN NATURALEZA
Doméstico, comercial, institucional, construcción y demolición, servicios municipales, zonas de plantas de tratamiento, industriales y agrícolas.	Biodegradables: donde los microorganismos descomponedores de la naturaleza los transforman en micronutrientes; están formados por recursos naturales renovables.	Residuos reciclables: se pueden volver a transformar en materia prima para nuevos productos como el papel, cartón, vidrio, plástico y objetos metálicos.	Residuo inorgánico: incluye todos aquellos residuos de origen mineral y sustancias o compuestos sintetizados por el hombre. Dentro de esta categoría se incluyen habitualmente metales, plásticos, vidrios, etc.
	No biodegradables: los microorganismos descomponedores no los pueden transformar porque están formados de recursos naturales no renovables, como los plásticos, latas, chatarras o vidrio.	Residuos orgánicos: pueden ser transformados en abono orgánico por el proceso de compostaje o lombricultura, como los residuos de alimentos, estiércol de animales, residuos de jardinería.	Residuo orgánico: se refiere a todos aquellos que tienen su origen en los seres vivos, animales o vegetales. Incluye una gran diversidad de residuos que se originan naturalmente durante el "ciclo vital", como consecuencia de las funciones fisiológicas de mantenimiento y perpetuación, o son producto de la explotación por el hombre de los recursos bióticos.
		Desechos: No pueden volver a usarse, debido a que ya no tienen vida útil por su deterioro o contaminación.	

Fuente: Puerta (2004)

6.1.2. Problemática actual de los rellenos sanitarios

Se estima que en el país se generan alrededor de 5000 toneladas de residuos sólidos por día y cerca del 30% son dispuestos sin ningún control en las calles, ríos, lotes baldíos, provocando problemas de estrangulamiento de alcantarillado, contaminación visual, variación del caudal de los ríos y deterioro ambiental (Evaluación Nacional de Servicios de Manejo de Residuos Sólidos, Costa Rica EVAL, 2002).

Debido a que los costarricenses no tenemos una cultura ambiental apropiada, los residuos sólidos ordinarios se mezclan desde la fuente con baterías, disolventes, restos de equipos electrónicos, bombillos, entre otros, aumentando la peligrosidad de la basura (Duodécimo Estado de la Nación - Desarrollo humano sostenible).

Los Residuos Sólidos (RS) recolectados por las Municipalidades son dispuestos en rellenos sanitarios (52%), vertederos semicontrolados (17%) y vertederos sin control llamados “a cielo abierto” (22%) (Evaluación Nacional de Servicios de Manejo de Residuos Sólidos, Costa Rica EVAL, 2002).

Los rellenos habilitados reciben más de la mitad de la basura de la Gran Área Metropolitana (GAM), por lo que están llegando al final de su vida útil. Las instalaciones de Los Pinos, en Cartago, debieron cesar operaciones y a La Carpio no le queda mucho tiempo en operación (La Nación, 2014).

Esos dos rellenos reciben 1500 de las 2700 toneladas de basura sometidas a tratamiento técnico cada día en la GAM. Su vida útil fue calculada por técnicos de la Universidad Nacional y el Ministerio de Salud. Las empresas administradoras de los dos rellenos discrepan de las conclusiones del estudio; en cuanto a Los Pinos, el cálculo más optimista fija la fecha de cierre en el 2018; en el caso de la empresa de La Carpio, fue menos precisa en sus pronósticos, pero también cree tener capacidad para continuar operaciones más allá de la fecha mencionada en el estudio (La Nación, 2014).

El reciclaje está en pañales, a falta de buenos hábitos y proyectos eficientes. La Ley Integral de Residuos, aprobada en el 2010, exige a las municipalidades la recolección selectiva de desechos, el reciclaje y las buenas prácticas ambientales, pero no establece mecanismos de seguimiento y evaluación, ni asigna recursos financieros y administrativos para ejecutar los programas (La Nación, 2014).

San José, Desamparados y Alajuela, los mayores productores de basura en la GAM, apenas reciclan un 1%, y, en conjunto, los gobiernos locales recuperan tan solo un 2% de lo recolectado. Más de la mitad de las municipalidades del país carecen por completo de iniciativas de reciclaje (La Nación, 2014).

6.1.3. Legislación ambiental aplicable

Con la promulgación de la Ley General de Salud en 1973, se da uno de los primeros intentos por regular el tema de los residuos sólidos, pues por primera vez se establece la obligación para los administrados de separar y reciclar los “desechos”, además, se establece la responsabilidad de las Municipalidades en prestar el servicio de recolección, acarreo y su disposición final.

No obstante, dicha ley no contempla el tema de reducir la generación de residuos, más bien premia el que se dispongan finalmente en un relleno sanitario, en el mejor de los casos. Sin embargo, como actualmente ocurre, fuera del Gran Área Metropolitana un alto porcentaje de los residuos son depositados en vertederos, que no son más que parajes en los cuales se depositan los residuos sin ninguna técnica que mitigue la afectación causada al ambiente por su descomposición.

Con la publicación de la Ley para la Gestión Integral de Residuos, en julio del 2010, la cual regula los residuos en el sentido de que pueden ser materia prima para diversos procesos productivos, puede observarse que cada vez son más los vertederos que se encuentran en proceso de cierre técnico, pues de un total de 38 vertederos existentes en el 2010, diez de ellos están en proceso de cierre técnico al

2014. Costa Rica obtiene un marco jurídico moderno en aspectos no solo de salud, sino también en protección del ambiente e inclusive en aspectos socioeconómicos.

La citada ley define la Gestión Integral de Residuos como el conjunto articulado e interrelacionado de acciones regulatorias, operativas, financieras, administrativas, educativas, de planificación, monitoreo y evaluación para el manejo de los residuos, desde su generación hasta la disposición final.

Es así como a través de la articulación e interrelación de acciones la legislación busca cambiar el concepto de “basura” o “desecho” por el de “residuo”, con el reconocimiento del valor intrínseco que este último tiene y que no debe ser desaprovechado al ser enterrado, o bien dispuesto finalmente en los sitios de disposición final.

La Ley para la Gestión Integral de Residuos asigna como principal responsabilidad de las municipalidades la operación del Proyecto de gestión integral de residuos, evolucionando de la tradicional recolección y disposición final de los residuos en rellenos sanitarios, a una recolección selectiva. Esta última debe considerar un principio del Derecho Ambiental fundamental, el cual establece que la generación de residuos debe ser prevenida prioritariamente en la fuente, con el fin de obtener una materia prima de mayor calidad para los diferentes proyectos productivos del país.

No obstante, es importante considerar que dentro de los Principios Ambientales que sustentan la Ley está el de Responsabilidad Compartida, el cual indica que la gestión integral de los residuos es una corresponsabilidad social, requiere la participación conjunta, coordinada y diferenciada de todos los productores, importadores, distribuidores, consumidores, gestores de residuos, tanto públicos como privados.

Es así como el Ministerio de Salud ha creado el marco normativo de la Ley: reglamentos, planes, programas, proyectos y estrategias. Esto cual permite

operativizar en todos sus aspectos, de manera que los diferentes sectores sociales y económicos tengan reglas claras en los cuales desenvolverse.

Acorde con el Principio de Responsabilidad Compartida, también se regula al sector industrial, comercial y de servicios a través de los programas de manejo integral de residuos por parte de los generadores, considerando como generador aquella persona física o jurídica, pública o privada, que produce residuos al desarrollar procesos productivos, agropecuarios, de servicios, de comercialización o de consumo.

6.1.4. Alternativas de tratamiento de los residuos orgánicos

La recuperación, reutilización y/o transformación de los residuos en insumos útiles para los sectores productivos es una opción con varias posibilidades. Las alternativas existentes para el tratamiento y uso de los residuos orgánicos son principalmente procesos biológicos y térmicos. Dichos procesos biológicos permiten la producción de biogás y compostaje (Valderrama, 2013).

Asimismo, las alternativas que se han manejado con mejor resultado para la reutilización y/o reconversión han sido los residuos como: fuentes de alimento animal, fuentes de energía y como materia prima para la producción de abonos orgánicos (Sztern, 2008).

6.1.5. Los residuos orgánicos como materia prima para la producción de abonos orgánicos

Conocemos por abonos todas aquellas sustancias o compuestos de origen biológico o de síntesis química que presentan alguna propiedad positiva para los suelos. También entendemos por abonos minerales a las sustancias o compuestos químicos que pueden pertenecer al campo de la química inorgánica u orgánica.

Por contraposición, los abonos orgánicos o bioabonos, son aquellas sustancias o compuestos de origen vegetal o animal que pertenecen al campo de la química orgánica, y que son, en general, incorporados directamente al suelo sin

tratamientos previos. El abono orgánico hace referencia a todo material orgánico empleado para el mejoramiento de la estructura y fertilización del suelo.

Se considera un abono orgánico todo material de origen animal o vegetal que se utilice principalmente para mejorar las características del suelo, como fuente de vida y nutrientes al suelo (Valderrama, 2013).

Los abonos orgánicos generalmente son de dos tipos: sólidos y líquidos. Unas de las técnicas que permite esta biodegradación controlada de la materia orgánica previa a su integración al suelo es el compostaje y el producto final es conocido como Compost (Sztern, 2008).

Igualmente, existen diferentes alternativas y métodos para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos, dentro de las cuales se destacan la producción de abono Tipo Bocashi, Caldos Trofobióticos y Compostaje (Valderrama, 2013).

6.2.COMPOSTAJE DE RESIDUOS ORGÁNICOS

El compostaje es la transformación de residuos orgánicos (estiércol animal, hojas, verduras, residuos de alimentos, frutas, etc.), por acción controlada de los microorganismos descomponedores, lo cual da como resultado un producto totalmente orgánico, estable e higienizado, aprovechable por el suelo y por las plantas. En principio, toda materia orgánica, tal como desechos vegetales y animales, restos de alimentos, entre otros, pueden ser utilizados como materia prima para el compostaje (Puerta, 2004).

El compostaje puede definirse como un proceso biológico aeróbico (biooxidativo) controlado, en el que intervienen numerosos microorganismos que alteran la estructura molecular de los compuestos orgánicos. Este incluye un sustrato orgánico heterogéneo en estado sólido, el cual evoluciona pasando a través de diferentes fases, a la vez que ocasiona cambios de temperatura y pH durante el proceso; de tal manera, se da lugar a la producción de materia orgánica estable,

libre de patógenos y disponible para ser utilizada como abono acondicionador de suelos (Penagos et al., 2011).

6.3.MÉTODO DE COMPOSTAJE TAKAKURA

El método de compostaje Takakura permite la transformación de residuos sólidos, como hojas, cáscaras de frutas, agua, azúcar o yogurt en un potente abono orgánico. Entre los principales beneficios de este método está el hecho de que se puede producir a muy bajo costo, con ingredientes o residuos del hogar y en una simple caja de cartón. No emite olores ni lixiviados, y el fertilizante que produce mejora la calidad y cantidad de los suelos.

6.3.1. Grado de aceptación mundial del método de compostaje Takakura

El mejor ejemplo de la aplicación de esta técnica a gran escala es la ciudad de Surabaya en Indonesia, la cual tenía grandes problemas de contaminación ambiental por acumulación de residuos en las calles y drenajes. En 5 años de utilizar la técnica Takakura, los residuos en la ciudad se redujeron en un 20%.

Actualmente la ciudad cuenta con 15 centros de compostaje, más de 27 mil grupos de capacitación en la técnica y el Gobierno ha entregado gratuitamente 17 mil canastas para realizar el compostaje en los hogares. El cambio en Surabaya es evidente en términos ambientales, además, la técnica es una fuente de empleo y el abono se utiliza en la producción de alimentos. El compostaje Takakura también se practica exitosamente en Filipinas y Tailandia.

6.3.2. Proceso del método de compostaje Takakura

Para iniciar el proceso, el método Takakura requiere elaborar dos soluciones: una salada en la que se incluye sal, residuos de las frutas o verduras que se mezclan con agua; simultáneamente, se elabora la solución dulce en la que se coloca levadura, yogurt, melaza y agua. Estas dos soluciones se dejan reposar durante 8 días; en cuanto al recipiente de la solución dulce, no se ajusta la tapa del envase, porque la fermentación puede producir gases que podrían provocar que explote.

Para crear la semilla del compost, se debe colocar la base del compost (cascarilla de arroz) y se mezcla con harina, para que los microorganismos eficaces puedan alimentarse y desarrollarse de mejor manera. Además, se debe agregar hojarasca, hongos y moho recolectados en zonas verdes a los que, a su vez, se les colocan las soluciones de sal y de dulce (previamente reposadas durante ocho días); con esto, se propicia la destrucción de microorganismos patógenos y la multiplicación de microorganismos benéficos encargados de la descomposición de los residuos.

Este proceso describe lo señalado por Según Campitelli, P. (2014), quien señala que, cuando se trabaja con residuos orgánicos con el propósito de obtener enmiendas para el suelo, el proceso de compostaje tiene como objetivo la destrucción o eliminación de microorganismos patógenos, así como la eliminación de sustancias orgánicas que puedan ser tóxicas para las plantas que se encuentran en el material de partida o que se generan en las primeras etapas del proceso.

Así, luego de realizada la mezcla de todos los componentes, se debe ajustar el nivel de humedad recomendado en el Método Takakura, entre el 40 y 60%. Esto se hace apretando la semilla con la mano, si esta se mantiene compacta significa que tiene la humedad adecuada. Con esta semilla se debe realizar una pila y cubrirla con tela, para que las moscas no depositen sus huevos y contaminen el compost; continuación, se debe dejar reposar durante siete días. Se recomienda ubicar la pila en un lugar donde pueda respirar.

Durante los próximos los siete días se debe mezclar de manera diaria la semilla; si se encuentra muy seca, se debe añadir agua, verificando de manera permanente su estado. Se mezclan los residuos sólidos orgánicos con la semilla de compost y se debe remover cada dos días durante cuatro semanas, dando un seguimiento permanente a la semilla de compost.

6.3.3. Variables físicas y químicas durante el proceso del método compostaje Takakura

En el proceso de compostaje, los microorganismos son los responsables de la transformación del sustrato; por lo tanto, todos aquellos factores que puedan inhibir su crecimiento y desarrollo tendrán también su efecto sobre el proceso. Para que el compostaje se desarrolle adecuadamente es imprescindible un buen control de los parámetros determinantes, que son los siguientes:

a. Humedad: es uno de los principales parámetros a controlar, ya que cuando esta es muy alta, el agua desplazará al aire contenido en los espacios intermedios, dando lugar a reacciones anaeróbicas, lo que, además de reducir la velocidad del proceso, suele generar malos olores y pérdida de nutrientes por lixiviación. Si la humedad es muy baja, disminuye la actividad microbiana, especialmente de las bacterias, ya que los hongos pueden permanecer activos biológicamente (Sztern, 2008).

Se consideran niveles óptimos de humedad del 40% al 60%, y estos dependen de los tipos de materiales a utilizar. La gestión biológica de los microorganismos requiere de agua para la formación de biomasa; así, se necesita una humedad alta al comienzo del proceso, mientras que al final la humedad deseada está alrededor del 35%. El contenido de agua, la actividad microbiana, el nivel de oxígeno y la temperatura son factores directamente relacionados con la humedad global del compostaje (INTEC, 1999).

b. Temperatura: es uno de los factores que influye de forma crítica sobre la velocidad de descomposición de la materia orgánica durante el compostaje. Esta varía ampliamente a lo largo del proceso, y resulta importante para el control de las poblaciones microbianas predominantes en las distintas fases del proceso.

Un requisito importante es que en la fase termofílica se alcancen temperaturas altas (60-70 °C), capaces de reducir la población de microorganismos patógenos (higienización). Se evita superar los 70°C porque se inhibe el desarrollo de gran parte de los microorganismos, con lo que se reduce la tasa de descomposición microbiana (Valderrama, 2013).

c. Aireación: dado que el compostaje es un proceso de oxidación, resulta imprescindible la presencia de un nivel adecuado de aire y por tanto de oxígeno, para lo cual se recurre al volteo periódico o a la ventilación forzada de las pilas. Los microorganismos deben disponer de oxígeno suficiente para la realización del proceso aerobio, si se garantiza el oxígeno necesario, se puede obtener un compost rápido y de buena calidad, evitándose problemas de malos olores (INTEC, 1999).

Cuando la aireación es insuficiente la fracción orgánica se descompone lentamente y de forma anaerobia, originando malos olores, menores temperaturas y un material de mala calidad. El consumo de oxígeno está en relación directa con la actividad microbiana, por lo que la aireación debe incrementarse cuando la temperatura de la masa aumenta. El mayor consumo de oxígeno coincide con temperaturas comprendidas entre 28 y 55 °C (Moreno y Moral, 2008).

d. pH: este parámetro afecta a las reacciones enzimáticas, de ahí que sea también un indicador importante de la evolución del compostaje. Generalmente, el pH decrece al principio del proceso por la actividad de las bacterias acidificantes y lentamente va incrementándose. Las reacciones que más influyen en el pH son las de liberación de CO₂, de generación de ácidos orgánicos y de iones alcalinos. Las bacterias prefieren valores de pH entre 6 y 7.5, mientras que los hongos toleran un rango más amplio entre 5.5 y 8. Si el pH desciende de 6, la descomposición microbiana se detiene; valores cercanos o superiores a 9, favorecen la formación de amonio, afectando negativamente al crecimiento y actividad de los microorganismos (Valderrama, 2013).

6.4. MATERIAS PRIMAS PARA EL PROCESO DE COMPOSTAJE

La gran mayoría de los materiales orgánicos son compostables. Restos de plantas y cosechas, (ramas trituradas, podas, hojas caídas de árboles, cáscaras de frutos secos, heno y césped o pasto); los estiércoles, restos orgánicos de cocina en general (frutas y hortalizas, alimentos estropeados, cáscaras de huevo, cáscaras de frutos secos, cáscaras de naranja, cítricos o piña); aceites y grasas comestibles (muy esparcidas y en pequeña cantidad); virutas de aserrín (en capas finas); y servilletas, pañuelos de papel, papel y cartón (no impresos ni coloreados) (INTEC, 1999).

Materias que no deben compostarse: los residuos de carnes crudas, materiales inertes, tóxicos o nocivos (residuos químicos-sintéticos, pegamentos, solventes, gasolina, petróleo, aceite de vehículos, pinturas, materiales no degradables, vidrio, metales, plásticos) (Román et al., 2013).

La separación en el origen es fundamental para el proceso del compostaje. Existen dos componentes de la materia orgánica fundamentales en el compostaje: el carbono y el nitrógeno.

La proporción C/N en la materia orgánica suficiente para ayudar al proceso de la descomposición es de aproximadamente 30 partes de carbono por 1 de nitrógeno (30:1) en peso.

El proceso del compostaje se retarda si no hay suficiente nitrógeno, y demasiado nitrógeno puede causar la generación de amoníaco que puede crear olores desagradables.

Una regla para recordar es que el material seco es alto en carbono y la materia húmeda es alta en nitrógeno. Así pues, se recomienda combinar 3 porciones secas con 1 porción húmeda (Sztern, 2008).

6.5. VARIABLES RELACIONADAS A LA NATURALEZA DEL SUSTRATO

a. Relación C/N: para un correcto compostaje donde se aprovechen la mayor parte del C y del N, la relación debe ser adecuada. Generalmente, los microorganismos utilizan 30 partes de C generalmente por cada parte de N. Se requiere que en la mezcla inicial este parámetro presente un valor entre 25 y 30 (INTEC, 1999).

Esta relación influye en la velocidad del proceso y en la pérdida de amonio durante el compostaje; si la relación C/N es mayor a 40, la actividad biológica disminuye, dado que hay un exceso de carbono que debe ser oxidado, si los productos a compostar tienen una relación C/N baja, el compostaje se lleva a cabo con mayor rapidez, pero el exceso de nitrógeno se desprende en forma amoniacal, lo que supone una pérdida de N, nutriente fundamental para los cultivos (Sztern, 2008).

b. Tamaño de partícula: dado que la actividad microbiana se desarrolla principalmente en la superficie de las partículas, cuanto mayor es la superficie del sustrato mayor será la rapidez del ataque microbiano. No obstante, el tamaño de las partículas no debe ser ni muy fino ni muy grueso; un tamaño muy fino de partícula no es conveniente debido a los riesgos de compactación del sustrato, lo que dificultaría una aireación adecuada; por su parte, si las partículas son muy grandes, mayores de 3 cm, la fermentación aeróbica tendrá lugar solamente en la superficie. Ambos casos producirían fermentaciones anaerobias con malos olores. Los tamaños de partículas considerados óptimos oscilan entre 1 y 3 cm (INTEC, 1999).

Otro factor para tomar en cuenta es la naturaleza química del sustrato y su nivel nutricional: la naturaleza de los compuestos estructurales influye en la velocidad del proceso de degradación. Cuando predominan los compuestos complejos (lignina, celulosa, grasas, etc.) la degradación de los residuos es mucho más lenta que cuando predominan los compuestos orgánicos de bajo

peso molecular. Algunos de los nutrientes necesarios en mayor cantidad son el C, N, P y K. El carbono es utilizado como fuente de energía y junto al nitrógeno contribuyen en la síntesis de proteínas y al crecimiento microbiano. El fósforo y potasio son esenciales a nivel metabólico (Román et al., 2013).

6.6. EFECTO DE LA APLICACIÓN DEL COMPOST SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICA, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL SUELO

El compost orgánico brinda beneficios, ya que es un acondicionador de suelos con características húmicas, libre de patógenos y malezas, que no atrae insectos ni vectores, el cual puede ser manejado y almacenado sin riesgo y benéfico al crecimiento de las plantas.

Se han identificado tres funciones fundamentales del compost al aplicarse en suelos: primera, que puede servir como fuente de materia orgánica para mantener o ayudar a la formación del humus del suelo; segunda, puede mejorar el crecimiento de cultivos en la agricultura comercial y usos domésticos; además, reduce los patógenos que atacan a las plantas y aumentan la resistencia a las enfermedades; y tercera, el compost contiene valores apreciables de nutrientes como nitrógeno, fósforo y una variedad de elementos traza esenciales (Valderrama, 2013).

El suelo es la parte más superficial de la corteza terrestre, en donde los reinos vegetal y animal establecen una relación con el reino mineral. Los residuos de animales y vegetales vuelven al suelo, constituyendo su materia orgánica, que se descompone por la acción de microorganismos en un proceso continuo de humificación y mineralización. La unión de partículas minerales y organismos resultantes de los procesos de alternación y disgregación de los materiales originales y de transformación de la materia orgánica, da lugar a una organización estructural jerarquizada de las partículas individuales en agregados, en la cual las características físicas del suelo son modificadas (Cruz, 2009).

6.7. PROGRAMA DE EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO DE GESTIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS

La implementación del proyecto de gestión de los residuos sólidos orgánicos en cada una de las empresas se realiza con el fin de controlar y disponer los residuos adecuadamente, por medio de una descomposición de manera rápida, económica y ambientalmente amigable.

Todo proyecto o método que se vaya a implementar en las organizaciones involucradas en la investigación requiere seguimiento, medición y análisis, con el fin de evaluar el desempeño ambiental y la eficacia del trabajo realizado. Igualmente, es importante comunicar su desempeño ambiental internamente; para llevar a cabo una evaluación, la empresa debe:

- Determinar la frecuencia con la que se evaluará el cumplimiento
- Evaluar el cumplimiento y tomar medidas si es necesario
- Mantener el conocimiento y la comprensión de su cumplimiento.

Para el control interno es importante que la empresa lleve a cabo auditorías internas a intervalos planificados para proporcionar información sobre si el proyecto de gestión cumple todos los requisitos, para determinar si se ha implantado y mantenido de forma eficiente.

Para un programa de evaluación, la organización tiene que establecer, implementar y mantener un programa de auditoría interna, incluyendo la frecuencia, métodos, responsabilidades, requisitos de planificación y reporte de informes de auditorías internas. Cuando se establece el programa de auditoría interna, la organización debe tener en cuenta la importancia ambiental de los procesos concernientes, los cambios que afectan a la organización y los resultados de auditorías previas.

7. METODOLOGÍA

7.1. ENFOQUE DEL PROYECTO

El modelo de enfoque por aplicar en el presente proyecto es multimodal, ya que consta de la integración del enfoque cuantitativo y cualitativo. Presenta un enfoque cualitativo porque caracteriza el proceso del Proyecto de Gestión de Residuos que se aplicará en las tres empresas seleccionadas; mediante encuestas, entrevistas y descripción del proceso del método compostaje Takakura. Por otro lado, el proyecto consta de un enfoque cuantitativo a través de la recolección de información, proveniente de la bitácora de control de parámetros del método de compostaje que se aplicará en los centros de trabajo; asimismo, la aplicación de una evaluación dimensional del riesgo percibido dirigida a los trabajadores y una encuesta sobre el manejo de residuos sólidos.

Con este enfoque se pretende evaluar la efectividad del Proyecto de Gestión de los residuos orgánicos en las empresas seleccionadas, de manera que se valore si es viable en los lugares de trabajo; además, que evidencie si los colaboradores conocen sobre la exposición a vectores biológicos.

7.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Para este trabajo se utiliza una metodología exploratoria, mediante la observación directa durante la aplicación del método de compostaje Takakura para el manejo de los residuos orgánicos, dentro del Proyecto de Gestión Ambiental, con el objetivo de evaluar la efectividad del proceso y la disminución de los residuos orgánicos en cada empresa.

Asimismo, se explora la percepción de los colaboradores de las tres empresas involucradas en la investigación, con respecto a la exposición de riesgo biológico producidos por vectores. Para tal efecto, se va a aplicar la norma NTP 578 (Norma Española de Riesgo Percibido), encargada de recopilar información del riesgo percibido de los trabajadores aplicada en el entorno laboral.

Se ejecuta, además, una investigación descriptiva, ya que se obtendrán datos durante el proceso del compostaje, los cuales se constatarán por medio de registros en cada empresa. Del mismo modo, se obtendrán datos del grado de compromiso en la población trabajadora en cuanto a la adopción del método Takakura; se realizarán encuestas y se dará seguimiento ante la reacción de los trabajadores. La implementación del Proyecto de Gestión de los Residuos Orgánicos brinda la posibilidad de aprovechar y reducir el impacto que genera los residuos orgánicos dentro de cada empresa.

7.3.HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

La implementación de un Proyecto de Gestión de residuos orgánicos modificará el pensamiento de la organización hacia uno más ecológico y amigable con el medio ambiente. Por otro lado, la creación del producto (compost) ayudará al medio ambiente y aportará beneficios a las diferentes compañías involucradas en el proyecto de investigación.

7.4. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Cuadro 2. Técnicas de recolección de información, definición de variables y análisis de datos sobre el método de compostaje Takakura.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN	VARIABLES	ANÁLISIS DE INFORMACIÓN
Caracterizar los residuos orgánicos de la empresa, provenientes de la actividad de jardinería, preparación y restos de consumo de alimentos, iniciando por una adecuada separación en la fuente.	Entrevista	Inorgánicos Orgánicos Alimentos cocinados Alimentos crudos	Analíticos
Valorar el conocimiento y compromiso que tienen los colaboradores sobre el manejo de residuos sólidos, asimismo de la adopción del método de compostaje Takakura.	Encuesta	Edad Sexo Grado académico Antigüedad	Estadísticos
Implementar un programa para el aprovechamiento y reducción del impacto de los residuos orgánicos, por medio del método de compostaje Takakura.	Control documental	pH Temperatura Humedad	Observación
Explorar la percepción que se tiene en los colaboradores de las tres empresas involucradas en la investigación, con respecto a la exposición de riesgo biológico producidos por vectores.	Encuesta	Roedores Hongos Insectos	Estadísticos como el promedio, análisis multivariado
Evaluar la efectividad de la implementación del Proyecto de Gestión Ambiental de residuos orgánicos.	Gráficos de desempeño Cronograma de Actividades	Inicio vs Final	Comparativos

7.4.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS EMPRESAS INVOLUCRADAS EN EL PROYECTO

EMPRESA A			
Actividad económica:	Fabricación de luminarias	Cantidad de empleados:	280
Horario	Administrativo	Producción	
	Lunes a Viernes: 7:30 a.m. a 4:45 p.m.	Lunes a viernes: 6:00 a.m. a 3:30 p.m. Lunes a viernes: 3:30 p.m. a 10:00 p.m.	Sábados: 6:00 a.m. a 2:00 p.m.
<p>Implementación del método:</p> <p>Se inicia con la construcción de la caja de compostaje Takakura de 80 cm de ancho x 70 cm de alto x 125 cm de largo, fabricada con madera y geotextil. Además, se procede a obtener el sustrato microbioal para tratar los residuos orgánicos.</p> <p>Posteriormente, se procederá a tratar por medio del método de compostaje Takakura los residuos provenientes de la preparación de los alimentos del comedor de la empresa A, además también se recolectarán las sobras de comida que se generen del consumo de alimentos y del proceso de jardinería; para esto se colocarán recipientes para que los colaboradores puedan segregar y depositar los residuos orgánicos, los cuales serán recogidos diariamente para evitar la generación de vectores y que se descompongan los alimentos, de esta forma no se generan malos olores.</p> <p>Una vez recolectados los residuos orgánicos, corresponde realizar su pesaje, cuyos datos serán registrados en la bitácora de control de parámetros del compostaje (Apéndice A). Una vez realizada esta acción se realiza la mezcla de los residuos con el sustrato microbioal en la caja de compostaje, posteriormente, se debe llevar el control de las variables físicas y químicas que son esenciales para que el proceso se lleve de forma exitosa, estos datos quedarán registrados en el formulario anteriormente mencionado.</p> <p>Se le debe dar vuelta a lo agregado a la caja por lo menos 2 o 3 veces al día, ya que es un proceso aeróbico, es decir que trabaja con oxígeno, si esta acción no se realiza puede ser que el proceso comience a dar problemas de malos olores y no realice la descomposición de manera correcta.</p>			

EMPRESA A

Se le agregarán residuos orgánicos a la caja de compostaje Takakura 5 veces a la semana, un volumen que puede corresponder a aproximadamente 50 kg de residuos, con lo cual se estaría evitando que se vayan a los rellenos sanitarios.

Para finalizar, cuando la caja de compostaje se encuentre saturada, se deberá retirar la mitad del material para ponerlo a madurar y poder utilizarlo como compost, lo cual se realiza tomando el material pasándolo por una zaranda para separar el material fino del grueso, el material grueso se devuelve a la caja hasta que se descomponga totalmente y el fino se coloca en una caja de cartón durante 8 días, ya que, si se agrega directamente al suelo, puede quemar o matar la vegetación.

EMPRESA B

Actividad económica:	Construcción	Cantidad de empleados:	180
Horario	Administrativo	Operativo	
	Lunes a viernes: 7:30 a.m. a 5:00 p.m.	Lunes a viernes: 6:30 a.m. a 5:00 p.m.	Sábados 6:30 a.m. a 12:00 p.m.

Implementación del método:

Este método se realiza a cargo del departamento de Salud Ocupacional mediante el apoyo de gerencia del proyecto E-22 ubicado en Zona Franca América.

Se realiza una caja de compostaje de 1.14 m de largo x 72cm de ancho x 50 cm de alto. Fue construida con materiales reciclados del proyecto de construcción, en la cual se aplicará la semilla donada, para trabajar en el residuo orgánico que se genera en el área de descanso. Se recolecta y se seleccionan los residuos orgánicos almacenados en la caja de compostaje, esto se realiza durante cada semana mientras se realiza el proceso de compostaje.

EMPRESA B

Se le da vuelta dos a tres veces al día, de manera manual debido a que es un proceso aeróbico, este proceso queda a cargo del departamento de Salud Ocupacional. Se realiza control de temperatura, humedad y peso mediante un registro el cual se debe llenar todos los días.

Mediante una encuesta de tres partes se realiza una recolección de datos al personal de campo sobre gestión de residuos, tanto en el proyecto como en los hogares, asimismo, conocer temas de enfermedades causadas por vectores generados por residuos orgánicos. Además, se pretende con la implementación de este método crear conciencia, mediante capacitaciones de una duración aproximada de 10 a 20 minutos.

Al verificar el proceso y la obtención de los resultados finales, se evaluará la efectividad del método de compostaje Takakura, en el proceso de la disposición final del residuo para evitar que se disponga en un relleno sanitario. Se realizará aprovechamiento del compostaje donándola a los trabajadores para cultivos caseros de plantas, abono de césped etc.

EMPRESA C

Actividad económica:	Mantenimiento de Aeronaves	Cantidad de empleados:	680
	Administrativo	Producción	
Horario	Lunes a viernes 7:00 a.m. a 4:30 p.m.	Lunes a viernes 7:00 a.m. a 4:30 p.m.	Lunes a sábado 7:00 a.m. a 3:00 p.m. 2:00 p.m. a 10:00 p.m.
Implementación del método:			
Para llevar a cabo la implementación de este método, se selecciona los residuos orgánicos del proceso de preparación de alimentos de la soda.			

Se cuenta con contenedores para que el personal de la soda deposite los residuos sobrantes de la preparación de alimentos, tales como: frutas, verduras, legumbres, cáscaras de huevo, etc.

Se aplicará una encuesta de forma aleatoria tanto a personal de producción como administrativo, por consiguiente, se va a capacitar y concientizar a los colaboradores sobre la importancia del tratamiento de los residuos sólidos, y la finalidad que tiene la implementación del método de compostaje Takakura.

Se confecciona una caja con madera de pino y plywood, material que se almacena en la empresa, con una dimensión de 1 m alto x 68 cm ancho x 50 cm largo, para el proceso de compostaje, con una cubierta de geotextil en el interior del recipiente para procurar una buena aireación, de forma que se ajuste el nivel de humedad para que los microorganismos respiren.

Posteriormente, los residuos generados en la soda que se almacenan en los recipientes serán recolectados diariamente y se depositarán en la caja de proceso de compostaje junto con el sustrato microbial, donde se deberá mezclar de manera diaria con el fin de llevar el control de las variables (humedad, temperatura, pH).

Esto se llevará a cabo por medio de una bitácora de control de parámetros compostaje. El compost producido se dará a la finca de recreo de la empresa con el fin de cultivar plantas.

7.5. TÉCNICAS APLICADAS

En la metodología se aplicarán las siguientes herramientas de trabajo:

a. Encuesta 1

Esta encuesta se crea para recopilación de datos de los trabajadores de cada empresa, con el fin de analizar de manera estadística el manejo de los residuos orgánicos sólidos, de tal modo que se pueda valorar el conocimiento y compromiso que mantiene esta población con la gestión de residuos. La encuesta cuenta con cuatro partes las cuales son:

Parte I. Manejo de residuos orgánicos sólidos.

Parte II. Gestión de la empresa en temas de residuos orgánicos sólidos.

Parte III. Gestión de los residuos orgánicos en los hogares.

Parte IV. Conocimiento de la aplicación del método Takakura en la empresa.

b. Encuesta 2

Aplicación de la encuesta NTP 578, el objetivo de esta encuesta es conocer la opinión de los trabajadores sobre el riesgo a la exposición de posibles vectores en la empresa en la que laboran, consiste en tres fases:

Fase 1: Selección de la muestra de riesgo, específicamente la lista de los factores de riesgo que se exponen en los trabajos.

Fase 2: Especificación de los riesgos seleccionados se identifican sólo las fuentes de riesgo.

Fase 3: Preparación del material a utilizar.

c. Entrevista

Se realizará una entrevista al Ing. Álvaro Enrique Valerín Maroto, encargado de la gestión ambiental de la municipalidad de Hatillo, San José; para la recopilación de información sobre la aplicación del método de compostaje Takakura en los residuos orgánicos de este sector del país, ya que es una de las Municipalidades del Estado que han aplicado este método y ha sido efectivo en el tratamiento desde los hogares. La información brindada será de guía en la aplicación del método de compostaje Takakura en cada una de las empresas a desarrollar. La entrevista consta de 14 preguntas (Apéndice E) y visita a campo, se espera que tomará alrededor de 2 horas aproximadamente.

d. Documentos aplicados al método de compostaje Takakura

Bitácora: Se va a contar en cada empresa con un registro, el cual se debe aplicar de manera diaria, con el fin de llevar el control de las siguientes variables:

Fecha: se coloca la fecha del día en el cual se aplica los residuos orgánicos.

Responsable: se coloca el nombre de la persona que ejecuta el trabajo.

Peso: se coloca el peso de los residuos orgánicos aplicados.

Humedad: se realiza de manera digital verificando que la humedad sea la adecuada para el funcionamiento del sustrato microbial.

Temperatura: se verifica por medio de un termómetro, el cual se introduce la espiga al material compostado, esta verificación debe realizarse de manera periódica.

pH: Se verifica el factor por medio de cintas tornasol.

Cronograma de actividades: se contará con un cronograma el cual indica cada una de las actividades realizadas durante el proceso de la implementación del Proyecto de Gestión Ambiental de residuos orgánicos; se divide en actividades, objetivos, tareas, mes en el cual se desarrolla y porcentaje de cumplimiento.

7.6. CONSIDERACIONES ÉTICAS

Este proyecto de graduación estará orientado a la protección de los sujetos de investigación y a la institucionalidad de las organizaciones, conservando en todo momento confidencialidad de las distintas fuentes primarias y secundarias que se apliquen, teniendo en consideración las dos encuestas aplicadas a la población de trabajadores; de igual manera, la protección de los investigadores y colaboradores.

Los principios éticos orientados en este proyecto de investigación se resumen a continuación:

a. Principio de respeto de la dignidad de las personas: Las encuestas aplicadas serán de manera anónimas, no revelan datos personales. Los criterios para cumplir este principio según condiciones específicas de investigaciones, métodos e instrumentos de investigación aplicadas son valorados por el tutor del proyecto de graduación.

b. Principio de beneficencia: Se verá beneficiada la empresa en la cual se aplica el método de compostaje Takakura, asimismo, sus trabajadores.

c. No-Maleficencia: En virtud de dicho proyecto de investigación al aplicar la encuesta no generará daño alguno al personal involucrado por lo tanto la misma será de manera anónima y la información recopilada será exclusivamente recopilación de información para el desarrollo del método.

d. Autonomía: La participación de cada persona en las encuestas será por su propia voluntad y decisión, se mantiene a lo largo de la investigación en esa misma condición. La participación es libre y consentida. Las características de la autonomía, entonces, son comprensión, libertad de juicio y decisión, una voluntad permanente (para todo el estudio) de participar, y así como libremente aceptaron (o no) participar, de la misma manera pueden retirarse en cualquier momento si lo consideran necesario.

8. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Para la evaluación de este proyecto, como se menciona anteriormente, se procedió a implementar un Proyecto de Gestión Ambiental a los residuos sólidos orgánicos, en el cual se realizaron controles del manejo de residuos orgánicos a través del método de compostaje Takakura. De este proceso se obtuvieron diferentes resultados, los cuales se presentan en detalle para dar las respectivas recomendaciones y conclusiones de cada caso. La información es presentada considerando el orden en que fueron propuestos los objetivos de estudio.

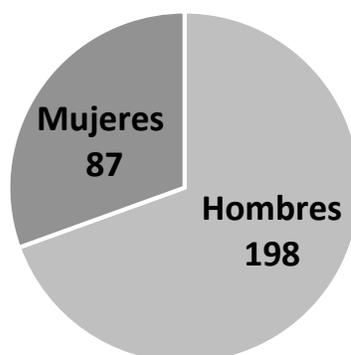
8.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS PROVENIENTES DE CADA EMPRESA

Al aplicar el Proyecto de Gestión de los residuos sólidos orgánicos en tres empresas de la GAM se consideraron las actividades que generen el residuo orgánico, por lo tanto, se realizaron diagramas para representar la generación y clasificación de cada residuo.

8.1.1. Caracterización de los residuos orgánicos Empresa A

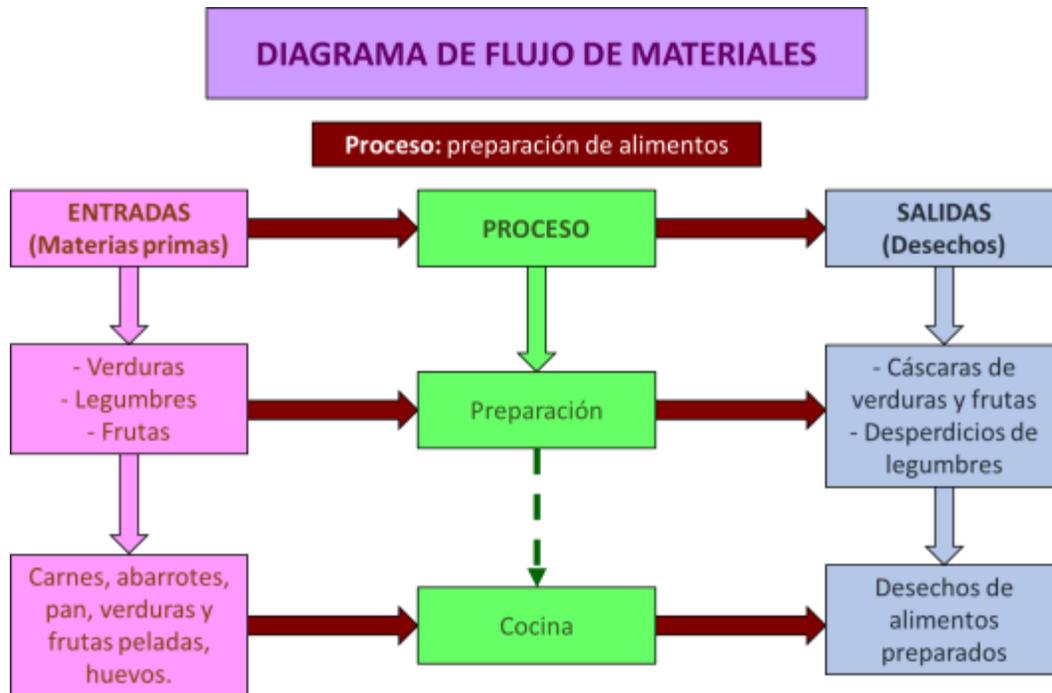
Esta empresa se encarga de la fabricación de luminarias, con una cantidad de 285 trabajadores, lo cual se representa gráficamente a continuación:

Gráfico 1. Cantidad de colaboradores Empresa A



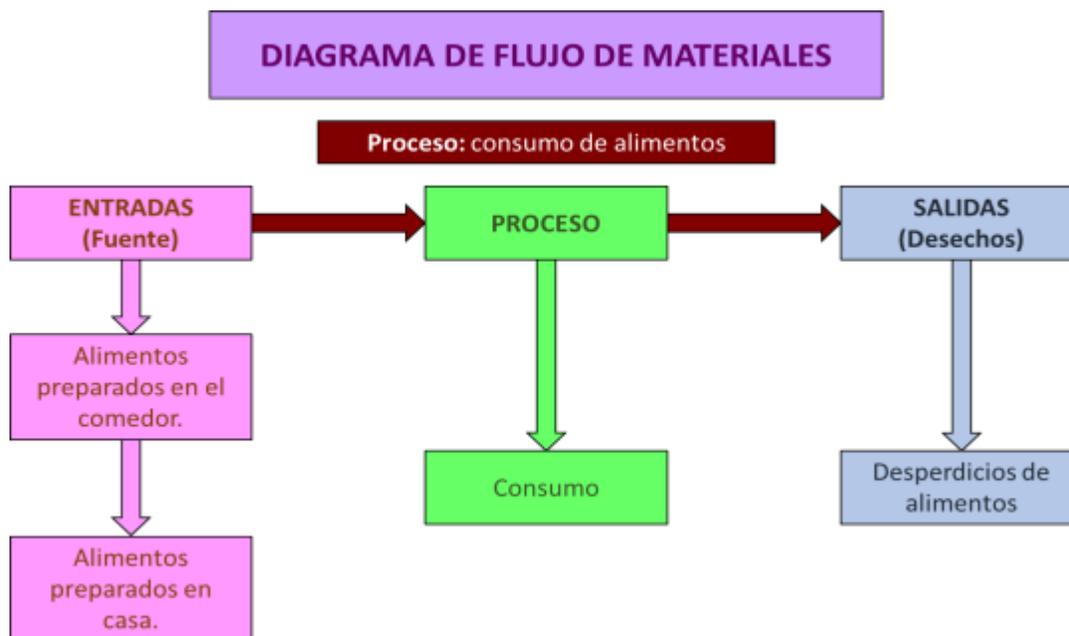
El gráfico anterior muestra que el 30,5% de la población colaboradora corresponde a mujeres y el restante 69,5% corresponde a hombres, de esta forma estaría compuesta la comunidad trabajadora en la empresa A.

Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de preparación de alimentos Empresa A



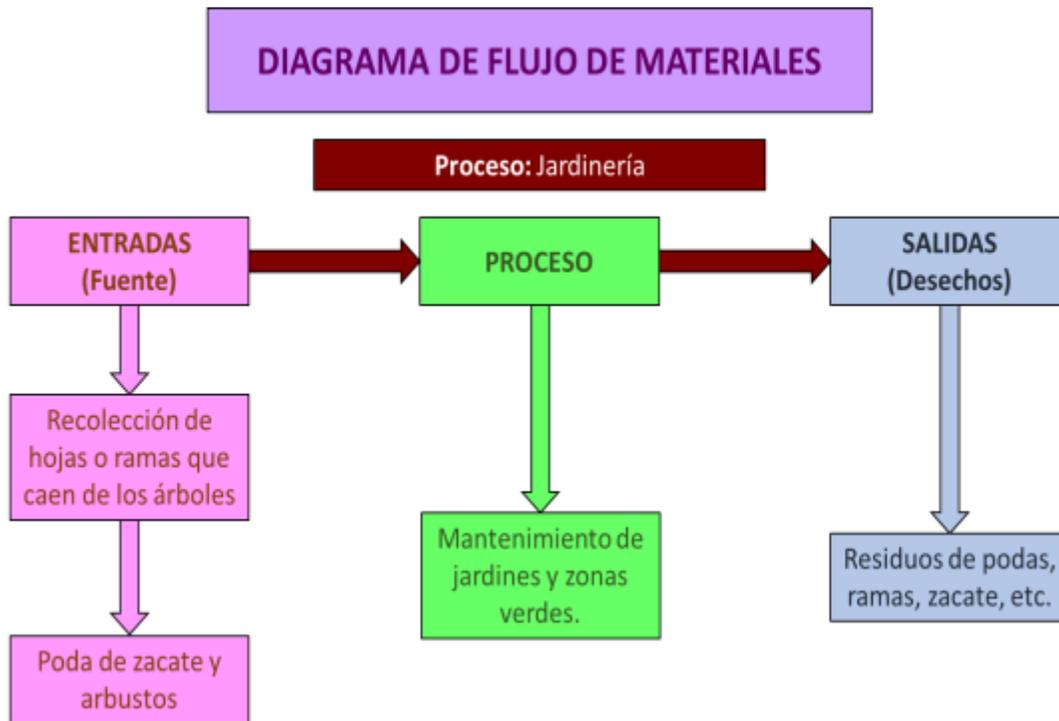
La empresa A cuenta con cocina, donde se subcontrata un servicio que se encarga de la preparación de los alimentos, esta soda funciona por medio de horarios escalonados para poder satisfacer las necesidades de todos los departamentos de la compañía; en la misma se sirven 3 tiempos de comidas (desayuno, almuerzo y café en la tarde).

Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de consumo de alimentos Empresa A



La figura anterior representa el proceso de consumo de alimentos. Como anteriormente se manifestó, la empresa A cuenta con comedor; el mismo está equipado para atender a los colaboradores que prefieren traer su alimentación del hogar, por lo que existen varios hornos de microondas para que puedan calentar sus alimentos: La generación de residuos de consumo de alimentos se puede dar por 2 vías: la primera por medio de la ingesta de alimentos preparados en el comedor y la segunda por medio del consumo de alimentos preparados en casa.

Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de jardinería Empresa A



La figura anterior hace referencia al proceso de jardinería que se desarrolla en la Empresa A. Esta acción se realiza diariamente, la cual consiste en el mantenimiento de las áreas verdes de la compañía, tanto en los jardines externos como internos; de este proceso sale la mayor cantidad de generación de residuos sólidos orgánicos, los cuales se toman en cuenta para el proyecto de Gestión de los residuos sólidos orgánicos.

La cantidad de residuos de la empresa A va en conformidad a los diferentes procesos que en esta compañía se ejecutan, lo cual va a ser explicado a continuación:

Cuadro 3. Caracterización de residuos de la empresa A

CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS EMPRESA (A)					
PROCESO GENERADOR	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD PROMEDIO MENSUAL	MANEJO INTERNO	MANEJO EXTERNO	DISPOSICIÓN FINAL
Preparación de frutas y verduras	Kg	150	Se recolecta en recipientes	Se lleva al centro de acopio y se composta	Se utiliza como compost en la huerta
Desperdicios de la preparación de alimentos	Kg	50	Se recolecta en recipientes	Se lleva al centro de acopio y se composta	Se utiliza como compost en la huerta
Desperdicios del consumo de alimentos	Kg	100	Se recolecta en recipientes	Se lleva al centro de acopio y se composta	Se utiliza como compost en la huerta
Jardinería	kg	500	Se recolecta en bolsas	Se lleva al centro de acopio y se composta	Se utiliza como compost en la huerta
Residuos Ordinarios	Kg	1000	Se recolecta en recipientes	Se lleva al contenedor externo	Relleno Sanitario

El cuadro anterior representa un inventario de los residuos sólidos orgánicos generados en la empresa A, el cual se realizó en el mes de mayo del 2018. El mismo indica el proceso en donde se generan, la cantidad promedio mensual de generación, el manejo interno y externo que se le está brindando al residuo y cuál sería su disposición final según la aplicación del Proyecto de Gestión Ambiental de los residuos sólidos.

8.1.2. Caracterización de los residuos orgánicos Empresa B

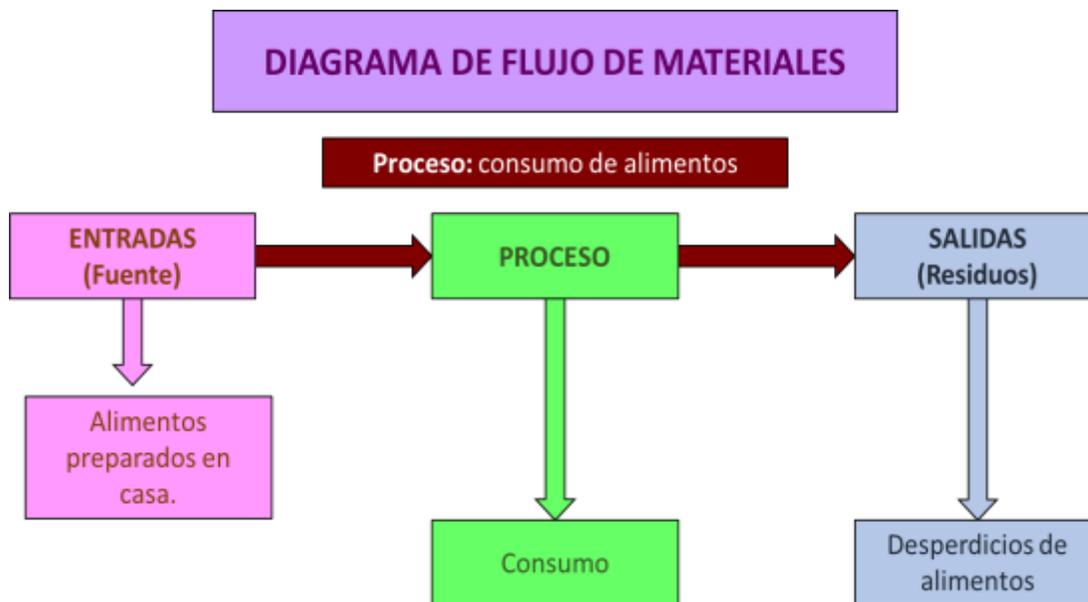
Corresponde a una empresa constructora la cual cuenta con 180 empleados, cifra que varía según el avance del proyecto; por lo tanto, se toma en consideración que la población de inicio no va a ser con la que finaliza dicha aplicación del Proyecto de Gestión de los residuos sólidos orgánicos. La población colaboradora se representa gráficamente de la siguiente manera:

Gráfico 2. Cantidad de colaboradores Empresa B

El gráfico anterior muestra que el 1,11 % de la población colaboradora corresponde a mujeres y el restante 98,89% corresponde a hombres, de esta forma estaría compuesta la comunidad trabajadora en la empresa B.

La aplicación del método de compostaje Takakura para el tratamiento de los residuos orgánicos, se realiza con los residuos que generan los trabajadores en los tiempos de descanso. En el siguiente diagrama se detalla el flujo de materiales orgánicos que se generan:

Figura 5. Diagrama de flujo del proceso de consumo de alimentos Empresa B



En la figura anterior se detalla las entradas externas en este caso sería residuos orgánicos como: verduras, legumbres, huesos de pollo o res, pan, tortillas, cáscaras de huevos, frutas, etc. Estos residuos de comida deben colocarlo en el contenedor específico para residuos orgánicos, el cual se ubica en el área de descanso con su respectiva rotulación.

Se realiza un inventario de la generación de residuos, para mantener control de la cantidad que se genera según su clasificación. A continuación, se presenta el inventario de residuos:

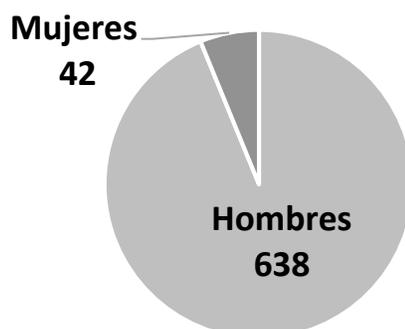
Cuadro 4. Caracterización de residuos de la empresa B

CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS EMPRESA (B)					
PROCESO GENERADOR	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD PROMEDIO MENSUAL	MANEJO INTERNO	MANEJO EXTERNO	DISPOSICIÓN FINAL
Desperdicio de granos	Kg	1	Se recolecta en recipientes	Se lleva al centro de acopio y se composta	Se utiliza como compost Takakura
Residuo de frutas y verduras	Kg	0,80	Se recolecta en recipientes	Se lleva al centro de acopio y se composta	Se utiliza como compost Takakura
Residuos ordinarios	Kg	700	Se recolecta en contenedor de residuos	Ciente lo retira por medio de camión recolector de basura	Relleno Sanitario

El cuadro anterior representa un inventario de los residuos sólidos orgánicos generados en la empresa B. Estos datos fueron tomados en el mes de abril del 2018, por medio de una balanza con la que se cuenta en la empresa; el mismo indica el proceso en donde se genera, la cantidad promedio mensual de generación, el manejo interno y externo que se le está brindando al residuo y cuál sería su disposición final según la aplicación del Proyecto de Gestión de los residuos sólidos orgánicos.

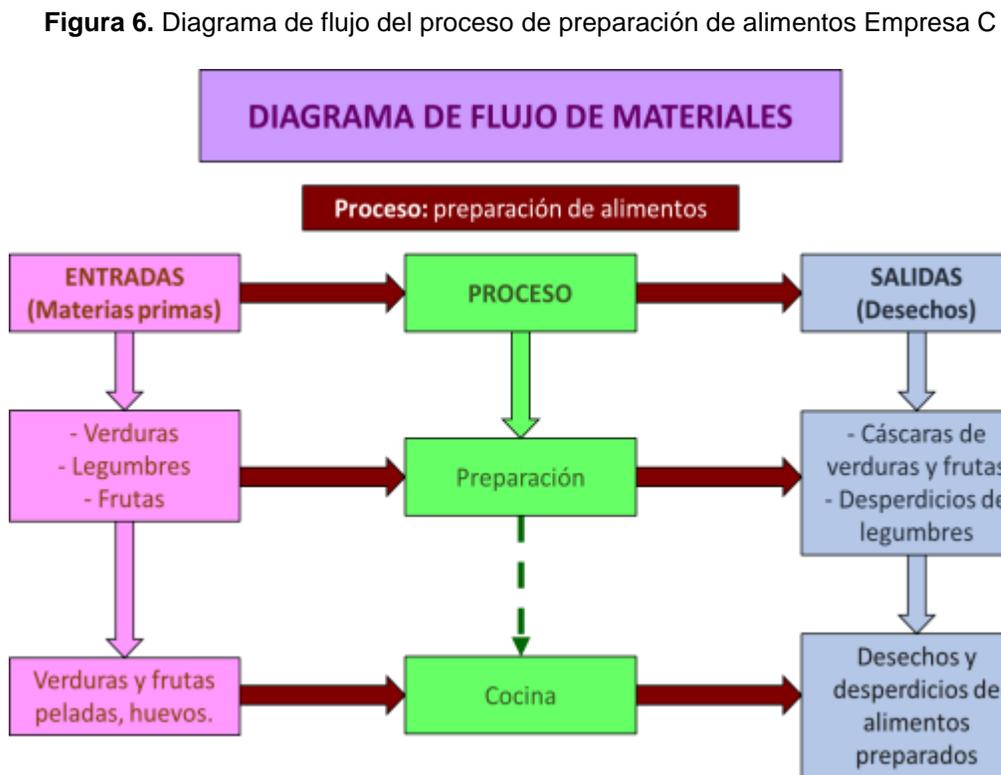
8.1.3. Caracterización de los residuos orgánicos Empresa C

Esta empresa se encarga del mantenimiento de aeronaves, cuenta con una población total de aproximadamente 680 trabajadores, representados gráficamente de la siguiente manera:

Gráfico 3. Cantidad de colaboradores Empresa C

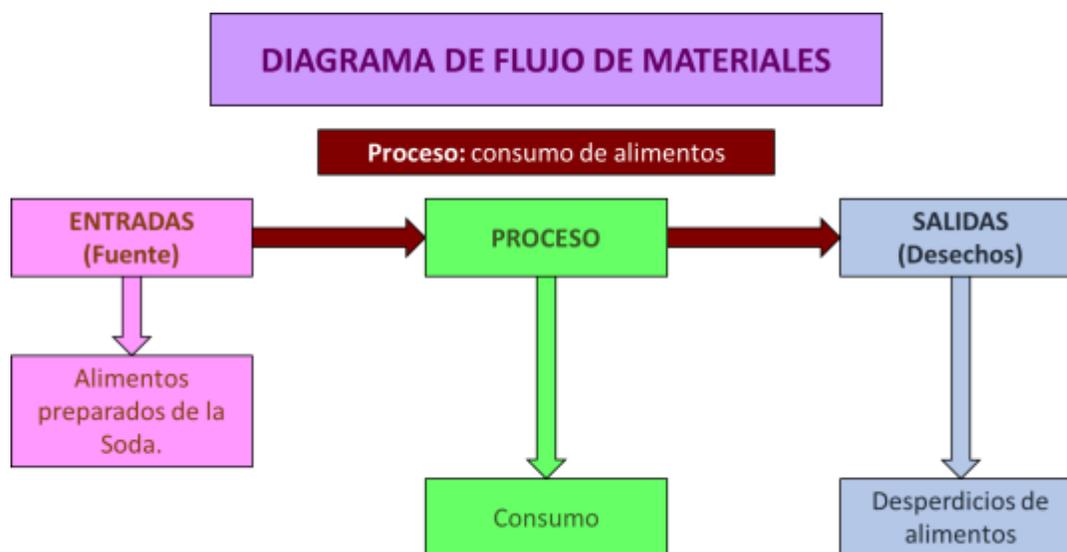
El gráfico anterior muestra que el 6,18 % de la población colaboradora corresponde a mujeres y el restante 93,82% corresponde a hombres, de esta forma estaría compuesta la comunidad trabajadora en la empresa C.

Para la implementación del método se consideran los residuos del proceso de preparación de alimentos de la soda, los cuales se detallan en el siguiente diagrama de flujo.



Para llevar a cabo la implementación del método en esta empresa se consideran los residuos orgánicos del proceso de preparación de alimentos de la Soda, los cuales se detallan en el diagrama anterior, tales como verduras, frutas, legumbres, cáscaras de huevo, etc. Estos se depositan en un contenedor especialmente para este tipo de residuos, para ser trasladados a la caja de compostaje donde serán tratados, el cual se encuentra ubicado en la planta de tratamiento de la institución.

Figura 7. Diagrama de flujo consumo de alimentos Empresa C



Se refleja en el diagrama anterior la fuente de entrada con la que se lleva a cabo el proceso de consumo de alimentos por medio de los residuos orgánicos como: verduras, legumbres, frutas, cáscaras de huevos, etc. Estos residuos son depositados en contenedores de residuos orgánicos, y son recolectados en una bolsa para trasladarlos a la caja para el método de compostaje.

Cuadro 5. Caracterización de residuos de la empresa C

CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS EMPRESA (C)					
PROCESO GENERADOR	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD PROMEDIO MENSUAL	MANEJO INTERNO	MANEJO EXTERNO	DISPOSICIÓN FINAL
Preparación de frutas y verduras	Kg	600	Se recolecta en recipientes	Se lleva al centro de acopio y se composta	Se utiliza como abono para la finca, y para uso doméstico de los trabajadores.
Desperdicios de la preparación de alimentos	Kg	400	Se recolecta en recipientes	Se lleva al centro de acopio y se composta	Se utiliza como abono para la finca, y para uso doméstico de los trabajadores.
Residuos Ordinarios	Kg	1500	Se recolecta en contenedor y un compactador de basura.	Empresa EBI	Relleno sanitario EBI en la Uruca.

Se realizó un inventario en el mes de mayo del 2018, sobre la cantidad promedio de residuos que se generan mensualmente en la Empresa C. Se caracterizaron tanto residuos orgánicos como ordinarios, para mantener control de lo que se genera en esta institución. Además del manejo interno y externo que se le brinda al residuo según su clasificación, y la disposición final que a estos se les da.

8.2. VALORACIÓN DEL CONOCIMIENTO DE LOS COLABORADORES SOBRE EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

Se valoran encuestas aplicadas a los colaboradores de cada empresa con el fin de determinar el conocimiento y percepción del trabajador, que mantiene con respecto a la gestión ambiental de los residuos orgánicos de la entidad, considerando el método compostaje Takakura aplicado, además del riesgo de vectores al cual se exponen dentro de la empresa.

Según se indicó en la metodología, la encuesta consta de 4 partes, para lo cual se seleccionan las respuestas más significativas para el análisis de resultados; si se requiere más información se puede consultar el Apéndice C. A continuación, se explica la aplicación de cada encuesta en cada entidad:

8.2.1. Valoración de encuestas aplicadas a la Empresa A

Para el proceso de aplicación de encuestas se toma en cuenta a un 17% de la población total, lo cual corresponde a 49 colaboradores. La aplicación del instrumento se realiza de forma aleatoria, en los diferentes departamentos que componen la empresa.

Figuras 8 y 9. Aplicación de encuesta Empresa A

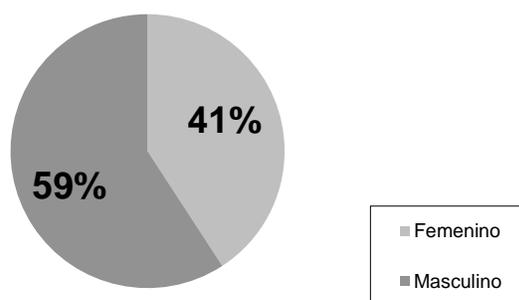


La aplicación de la encuesta se desarrolló en el transcurso de una semana en el mes de julio del 2018; el tiempo requerido para completarla fue de aproximadamente 5 a 10 minutos por persona, por lo que se requirió la aprobación de las gerencias de la compañía, ya que había que detener ciertos procesos productivos y comerciales durante la aplicación de la misma.

RESULTADOS

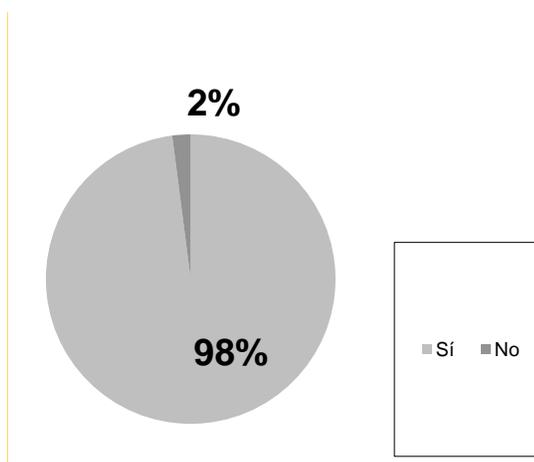
a. Generalidades

Gráfico 4. Representación del género Empresa A



El gráfico anterior representa la composición del género de acuerdo con el resultado de la encuesta en Empresa A, la cual indica que el 59% incorpora a población masculina y el 41% corresponde a femenina.

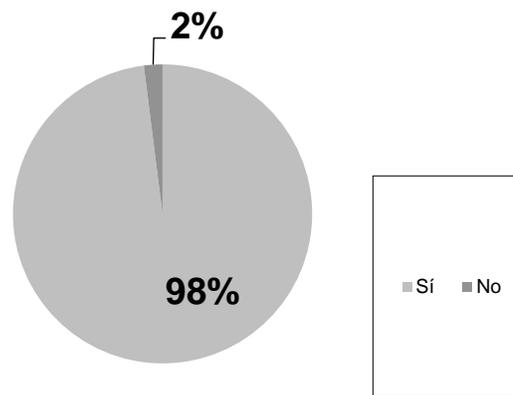
Gráfico 5. Tipificación de los residuos orgánicos Empresa A



En la encuesta realizada en la Empresa A se formuló la pregunta sobre ¿si conocían qué son los residuos orgánicos?, a lo que el 98% de los encuestados contestó que sí conocen este tipo de residuos, el 2% respondió a esta pregunta que no sabían en qué consisten.

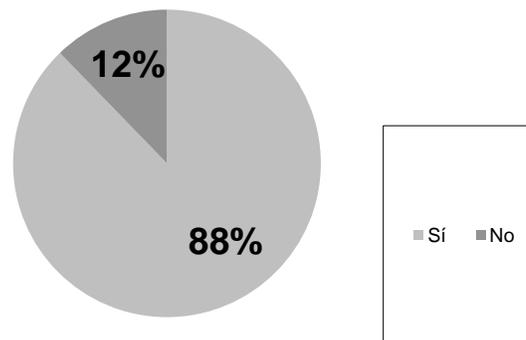
b. Gestión en la empresa

Gráfico 6. Aprovechamiento de los residuos orgánicos Empresa A



El gráfico 6 hace representación de la consulta realizada en la encuesta aplicada a la Empresa A sobre si consideran que los residuos orgánicos pueden ser aprovechables, a lo que el 98% de los encuestados respondió que sí y el 2% consideran que estos no pueden ser aprovechables.

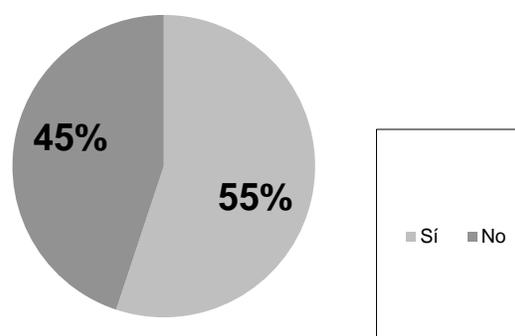
Gráfico 7. Gestión de la empresa en el tratamiento de residuos orgánicos Empresa A



En el gráfico anterior se representa la consulta sobre si la población encuestada conoce si en la Empresa A se realiza algún tipo de aprovechamiento de los residuos orgánicos, para lo cual el 88% respondió positivamente, mientras que el 12% respondió de manera negativa.

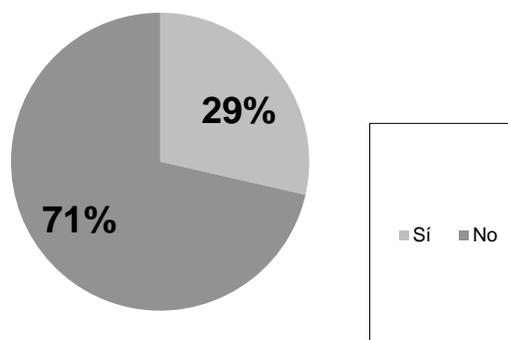
c. Gestión en los hogares

Gráfico 8. Separación de los residuos en los hogares, Empresa A



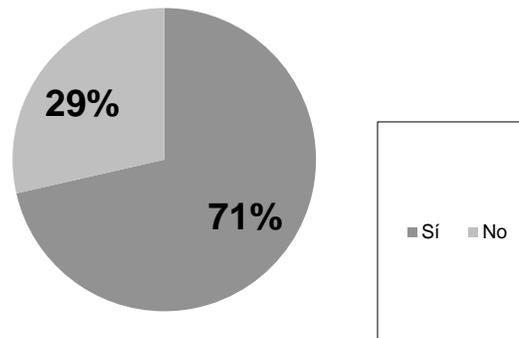
En el gráfico anterior se representa la consulta realizada sobre si los encuestados realizan la separación de los residuos en sus hogares, a lo cual el 55% de los encuestados respondió que si lo hace y el 45% respondió de forma negativa.

Gráfico 9. Aprovechamiento de los residuos orgánicos en los hogares, Empresa A



Según la representación del gráfico anterior se les hace la consulta sobre si realizan algún aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en sus hogares, para lo cual el 71% de las encuestas responde negativamente y el restante 29% manifiesta que sí realiza algún tipo de aprovechamiento de este tipo de residuos.

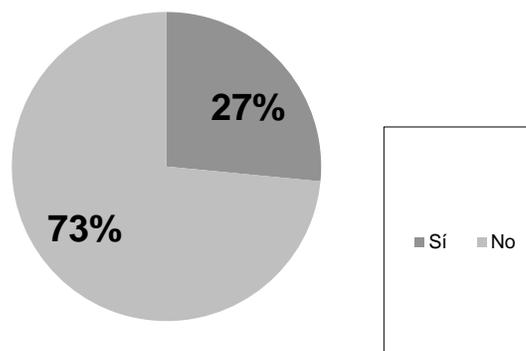
Gráfico 10. Conocimiento del concepto de compostaje, Empresa A



En el gráfico anterior se representa la consulta realizada sobre si conoce que es el compostaje, a lo que el 71% de los encuestados indica que sí conoce sobre este concepto y el restante 29% manifiesta que no conoce el significado de este proceso.

d. Método de compostaje Takakura

Gráfico 11. Método de Compostaje Takakura Empresa A



En el gráfico anterior se representa la consulta realizada con respecto sobre si conocen que es el método de compostaje Takakura, para lo cual el 73% de los encuestados manifiesta que no conocen que es este método, el restante 27% indica que si lo conocen.

8.2.2. Valoración de encuestas aplicadas a la Empresa B

Para el proceso de aplicación de encuestas se toma en cuenta a un 8% de la población total, considerando el avance del proyecto de construcción; al estar en etapa de finalización de obra, por lo que se cuenta con 40 colaboradores en total.

Figuras 10 y 11. Aplicación de encuesta Empresa B

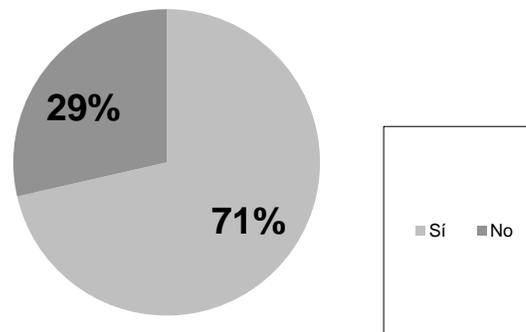


La encuesta se aplica en el mes de junio del 2018, a 14 colaboradores por motivos propios del proyecto de construcción. El Proyecto de aplicación se realiza de manera aleatoria en el área de construcción que compone la empresa.

RESULTADOS

a. Generalidades

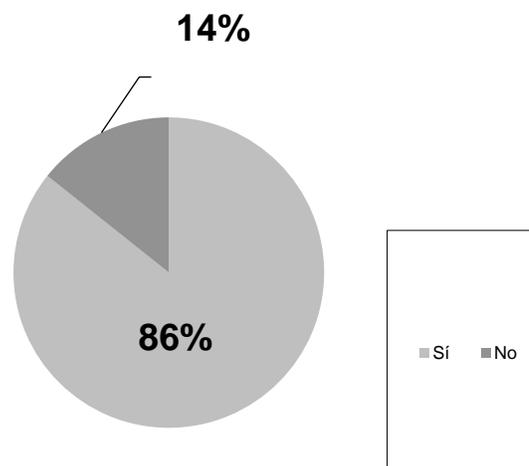
La población encuestada de Manejo de Residuos Sólidos Orgánicos correspondiente al género masculino, en la aplicación de la encuesta generada en la Empresa B.

Gráfico 12. Tipificación de los residuos orgánicos Empresa B

En el estudio realizado se encontró que la mayor parte de los encuestados cuentan con conocimientos de la tipificación de los residuos orgánicos, representado por el 71% de la población encuestada. Cabe recalcar la capacitación del 100% de la población en temas relacionados a manejo de residuos sólidos dentro de la empresa B.

b. Gestión en la empresa

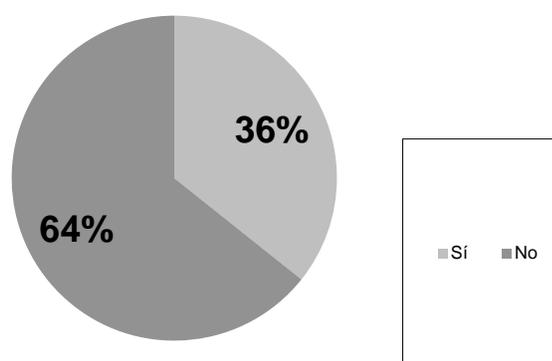
Con respecto a la pregunta basada en el aprovechamiento de los residuos orgánicos el total de los encuestados considera que estos residuos pueden ser aprovechados en otros procesos para evitar la disposición final en rellenos sanitarios.

Gráfico 13. Gestión de la Empresa B en el tratamiento de residuos orgánicos

En la gráfica de gestión de la empresa con respecto a residuos orgánicos, se considera de la población total encuestada, el 86% si conoce del proceso que realiza la empresa con respecto a la disposición de los residuos orgánicos, mientras que el 14% no tiene conocimiento de este.

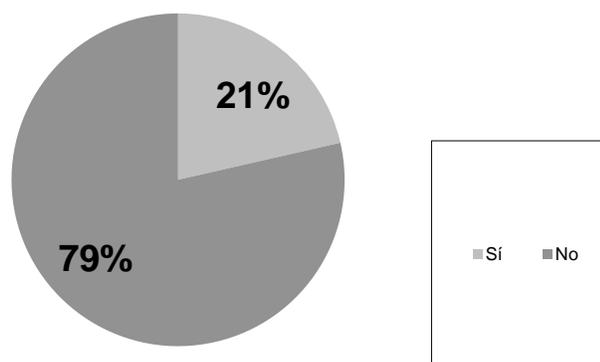
c. Gestión en los hogares

Gráfico 14. Separación de los residuos Empresa B



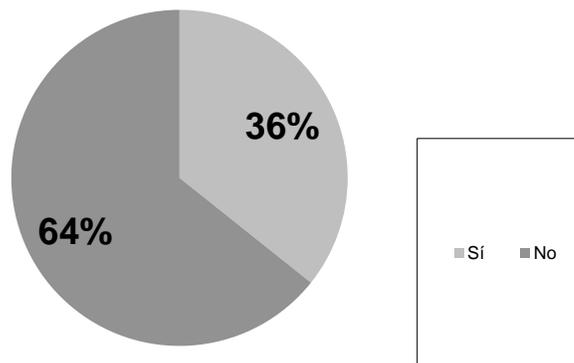
Como se muestra en el gráfico anterior el 64% de la muestra no separa los residuos en su hogar, mientras que el 36% sí separa los residuos que generan en el hogar.

Gráfico 15. Aprovechamiento de los residuos orgánicos en los hogares, Empresa B



Según la apreciación del gráfico anterior, los colaboradores encuestados no realizan el aprovechamiento de los residuos orgánicos en sus hogares representado por el 79%, mientras que el 21% de los encuestados si realizan el aprovechamiento de los residuos.

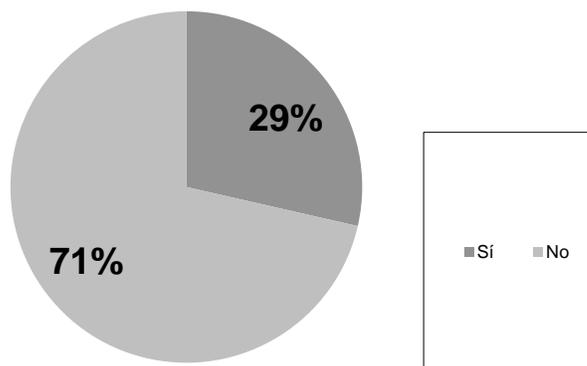
Gráfico 16. Conocimiento del concepto de compostaje Empresa B



La gráfica muestra que al 64% de los colaboradores no presentan conocimiento del proceso compostaje, mientras que el 36% de los colaboradores sí presentan conocimiento del proceso compostaje.

d. Método de compostaje Takakura

Gráfico 17. Conocimiento del Método de Compostaje Takakura, Empresa B

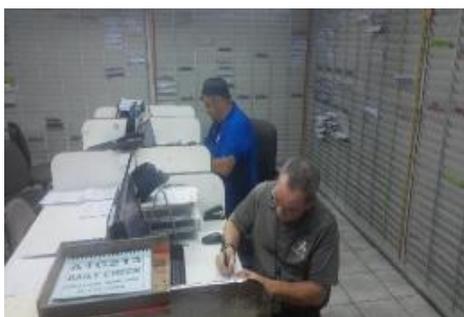


Según el análisis gráfico el 71% de los colaboradores no tienen conocimiento del método compostaje Takakura, mientras que el 29% representado en el gráfico anterior si cuenta con conocimientos en este método. Se recalca que la población total de la empresa B recibió capacitación del método de compostaje Takakura.

8.2.3. Valoración de encuestas aplicadas a la Empresa C

Para el proceso de aplicación de encuestas, fueron evaluados un 3.4% de la población total, distribuidos en distintas áreas tanto de producción como administrativo.

Figuras 12 y 13. Aplicación de Encuestas, Empresa C



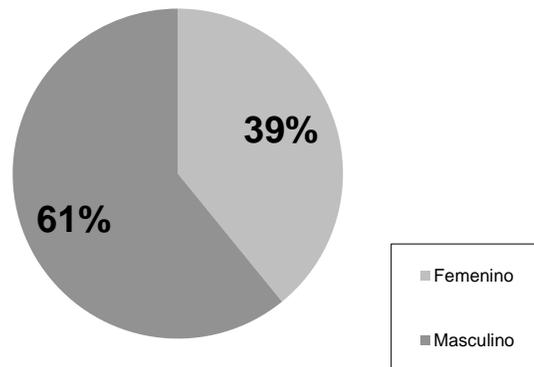
Dichas encuestas se aplican a los trabajadores con el fin de recopilar conocimiento y compromiso en el manejo de los residuos orgánicos. Para llevar a cabo la aplicación se le entrega la encuesta a los colaboradores con el fin de que ellos puedan leer cuidadosamente y contestar con brevedad, por lo tanto, se recogen la encuesta al día siguiente ya completadas.

Durante el proceso de aplicación de la encuesta y capacitación del método, la empresa C se mantenía en un proceso de producción muy alto, esto genera un índice muy bajo de población durante la implementación del método.

RESULTADOS

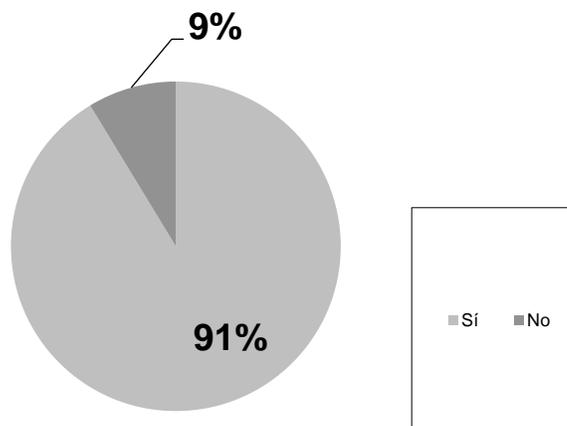
a. Generalidades

Gráfico 18. Representación del género Empresa C



El gráfico anterior representa la aplicación de la encuesta según el sexo; se obtiene que un 61% de personal masculino y un 39% es femenino, por el tipo de funciones que realiza esta empresa, la población femenina es baja.

Gráfico 19. Tipificación de los residuos orgánicos Empresa C



Teniendo en cuenta los resultados de las encuestas realizadas, se puede expresar que el nivel de conocimiento que tiene el personal encuestado con respecto a los residuos orgánicos representa un porcentaje bastante considerable, el cual es del 91%, mientras que un 9% desconocen del tema.

Cabe rescatar que el personal que se encuestó no es el mismo al personal que recibió la capacitación, por lo tanto, se refleja que existe un nivel de conciencia alto con respecto a este tipo de residuos.

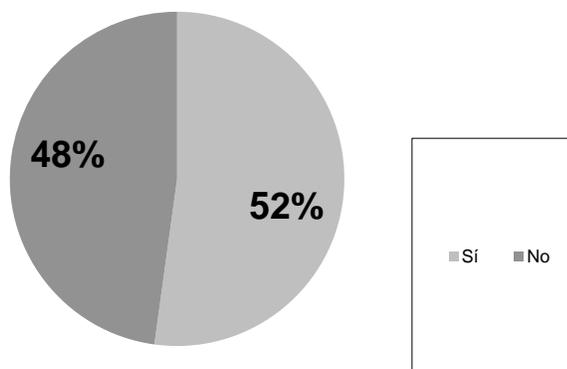
b. Gestión en la empresa

Con respecto a la pregunta basada en el aprovechamiento de los residuos orgánicos, el total de los encuestados considera que este tipo de residuos pueden ser aprovechados en otros procesos para evitar la disposición final en rellenos sanitarios.

Según la gestión que realiza la empresa en el tratamiento de residuos orgánicos, los encuestados desconocen la existencia de un Proyecto de aprovechamiento de esta clase de residuos, por lo que se puede recalcar que la empresa anteriormente no contaba con ningún Proyecto de aprovechamiento.

c. Gestión en los hogares

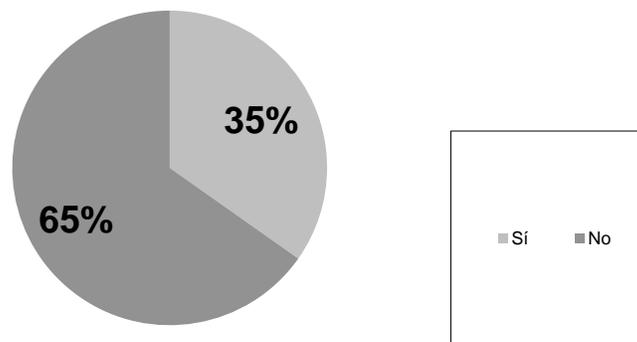
Gráfico 20. Separación de los residuos Empresa C



En lo referido a que hacen los encuestados los residuos que generan; un 52% separa los residuos en su hogar, de forma que dan reutilización o aprovechamiento, mientras que el 48% deposita todos los residuos en un mismo contenedor para ser llevado a los rellenos sanitarios.

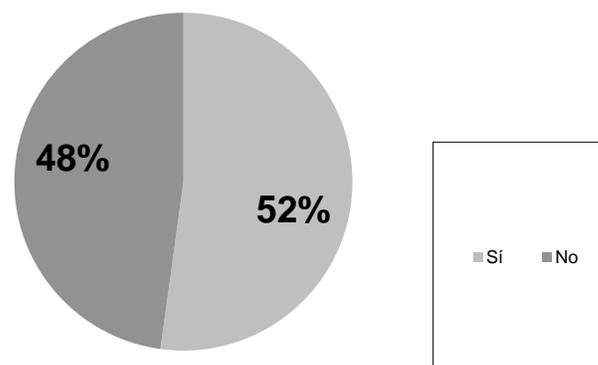
Por lo tanto, se refleja que casi la mitad de las personas depositan sus residuos en un mismo contenedor, por lo que puede haber carencia de conocimiento acerca de la capacidad que tienen los residuos orgánicos de poder ser aprovechados en otras funciones.

Gráfico 21. Aprovechamiento de los residuos orgánicos Empresa C



En el gráfico anterior se demuestra el aprovechamiento que le da los colaboradores a los residuos orgánicos en sus hogares, representando que el 65% si los aprovechan, mientras que el 35% no le dan ningún aprovechamiento.

Gráfico 22. Conocimiento del concepto de compostaje Empresa C

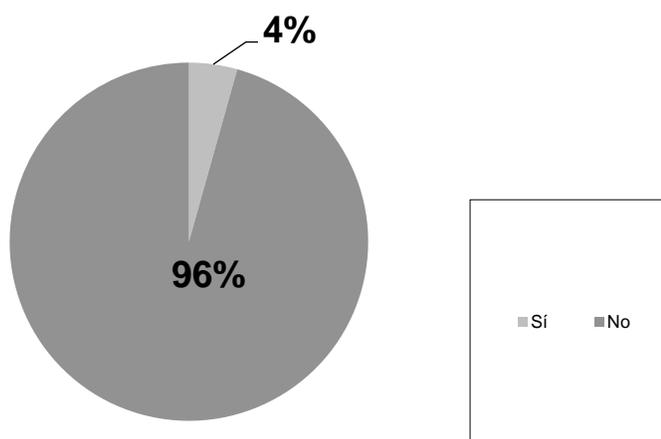


Apreciando los resultados de los gráficos anteriores, con respecto a los datos arrojados en el presente gráfico, el personal encuestado tiene conocimiento del aprovechamiento de los residuos orgánicos, pero son muy pocos los que le

dan la correcta disposición final. En el presente gráfico lo que demuestra es el grado de conocimiento con respecto al compostaje, un método que solo el 52% de la población conoce y la otra mitad desconoce de este proceso.

d. Método de compostaje Takakura

Gráfico 23. Método de Compostaje Takakura Empresa C



La gráfica muestra que el 96% de los colaboradores no conocen del método de compostaje Takakura, mientras que el 4% tiene algún conocimiento. Cabe recalcar que solo se le brindó capacitación al 7.3% de la población total de la empresa C, y la encuesta se aplicó aleatoriamente.

8.3. EXPLORACIÓN DE LA PERCEPCIÓN DEL RIESGO BIOLÓGICO

Para la exploración de la percepción del riesgo biológico se aplica en las tres empresas la encuesta NTP 578 para evaluar el conocimiento y exposición a la que se encuentran los colaboradores en cada empresa.

Cuadro 6. Características sociodemográficas de la población trabajadora encuestada

VARIABLE	EMPRESA		
	A	B	C
Edad (años)			
18-28	20	4	6
29-39	11	6	8
40-49	4	4	6
50-65	13	0	3
Género			
Femenino	20	0	14
Masculino	28	14	9
Nacionalidad			
Costarricense	47	4	23
Nicaragüense	1	10	0
Educación			
Primaria completa	19	11	1
Secundaria incompleta	6	0	0
Secundaria completa	14	3	12
Universitaria	9	0	10

En el cuadro anterior se puede destacar que el promedio mayor de los colaboradores encuestados con un número de 30 personas comprende edades entre los 18 a los 28 años. Realizando el análisis de las tres empresas, se observa que el género que predominó durante la aplicación de la encuesta es el masculino con 51 colaboradores.

La muestra que se toma para el desarrollo de percepción del riesgo arroja que la mayor población encuestada es costarricense. Al ser empresas de manufactura, mecánica y construcción el grado académico que predomina es la primaria completa, arrojando un resultado de 31 colaboradores.

Cuadro 7. Riesgo percibido promedio por dimensión estudiada

DIMENSIÓN	PROMEDIO	CALIFICACIÓN DEL RIESGO
A1	5	Medio alto
A2	6	Alto
A3	6	Alto
A4	4	Medio alto
A5	5	Alto
A6	5	Alto
A7	5	Alto
A8	5	Alto
A9	5	Plazo largo
GT	73	Alto

Generalmente existe una diferencia entre el riesgo estimado con criterios técnicos y el que percibe el trabajador. De ahí que sea importante fomentar el intercambio de información sobre riesgos y estudiar qué estrategias de comunicación son las más adecuadas para potenciar actitudes y comportamientos más seguros de los empleados. Con su participación, nos permite desarrollar con mayor eficiencia la implementación de este Proyecto, ya que favorece el compromiso y la confianza en las iniciativas de control de riesgo establecidas por la empresa.

La NTP 578 es aplicada en este proyecto con la función de valorar el riesgo percibido en caso de riesgo biológico, se entiende este riesgo como toda aquella posible exposición a microorganismos que puedan provocar enfermedades que comprometan la salud de los trabajadores en el entorno laboral en el que se desenvuelven.

Como se puede observar en el cuadro anterior, el formulario es formado por 9 preguntas sobre atributos cualitativos del riesgo (numeradas de A1 a A9) y un atributo cuantitativo global (GT). Los primeros atributos se miden mediante escalas de 1 a 7 puntos, mientras que el atributo cuantitativo global se mide mediante una escala de 1 a 100. Para la implementación de este se aplican las encuestas al personal de cada empresa A, B y C.

Según los resultados obtenidos mediante la aplicación de esta encuesta, se determina que el personal encuestado tiene una percepción alta de riesgo. A continuación, se explicarán los resultados arrojados en la encuesta para la obtención del riesgo percibido en caso de riesgo biológico ante vectores:

Las dos primeras preguntas (A1 y A2) exploran el factor conocimiento por parte del trabajador en caso a riesgo biológico, al cual se expone ante vectores como cucarachas, ratas, moscas, larvas en la empresa que labora, además se explora si el Departamento de Salud Ocupacional tiene conocimiento sobre este tipo de riesgo al cual se expone el trabajador. Se obtiene un promedio de 5 y 6, con una calificación de riesgo alto y medio alto, lo cual nos representa que el nivel de conocimiento es alto tanto por parte del trabajador como del Departamento de Salud Ocupacional.

La pregunta A3 explora la respuesta emocional de temor en caso de exponerse en su sitio de trabajo a enfermedades como: salmonelosis o lombrices consecuencia a exposición a moscas u otro tipo de zoonosis, representado un promedio de 6, lo que implica que la calificación de riesgo es alto, por lo que los trabajadores tienen temor a contagiarse de alguna enfermedad producto de vectores que se generen en el trabajo.

La pregunta A4 evalúa la posibilidad de experimentar un daño en el centro de trabajo, referente a si se llega a exponer a una enfermedad producto de la exposición a riesgo biológico, obteniendo un promedio de 4, lo que implica que los colaboradores consideran que la posibilidad es medio alto, por lo que identifican en el sitio según la encuesta vectores como moscas, cucarachas o incluso ratones lo cual es controlado por el Departamento de Salud Ocupacional.

La pregunta A5 explora la percepción de la gravedad de las consecuencias de las cuales pueden afectar la salud o condición de trabajo si se llega a presentar esta exposición, dando como promedio 5, por lo tanto, se considera que la gravedad es alta, considerando la afectación a la salud que puede llegar a tener asimismo como la ausencia en el trabajo.

Las preguntas A6 y A7 están relacionadas con la percepción de control/fatalidad del daño que le pueden ocasionar los vectores como: cucarachas, mosquitos, larvas, ratas etc., en el entorno de trabajo. Ambos representan un promedio de 5, por lo tanto, la posibilidad de control es alto, se toma en cuenta las medidas de seguridad de cada empresa en caso de desencadenarse un problema de plaga.

La pregunta A8 explora el potencial catastrófico que se atribuye al factor de riesgo. Obteniendo un promedio de 5, lo que nos indica que según la percepción de la población el grado es alto, se pone de ejemplo al aplicar la pregunta a los colaboradores si en caso de desencadenarse una plaga en los centros de trabajo, si afecta a varios trabajadores a la misma vez, por lo que los colaboradores percibieron que afecta en un grado alto a la población.

A9 corresponde a una pregunta acerca de las consecuencias más nocivas al exponerse a esta fuente. Esta representa un promedio de 5, lo que nos indica que se presenta a un largo plazo, con una calificación de riesgo alto, esto en una situación en caso de presentarse una enfermedad producto de un vector como los mencionados en la pregunta A1.

La última pregunta G1 es de tipo global y se dirige a obtener una estimación de la magnitud del riesgo percibido, la cual tuvo un promedio de 73, representando la calificación de riesgo alto, se toma en cuenta en este resultado obtenido que el personal encontró la pregunta confusa.

Al realizar la descripción del riesgo percibido ante la exposición de posibles vectores en las empresas antes mencionadas, se prosigue a realizar las recomendaciones para la disminución de la exposición a la que se encuentra los trabajadores la cual se menciona en el apartado punto 10 de este proyecto.

8.4.IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE COMPOSTAJE TAKAKURA PARA EL TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS

En este apartado se describe el proceso del desarrollo de la implementación método de compostaje Takakura en cada empresa, considerando desde la fase inicial la recolección de residuos hasta el proceso final del compostaje.

La implementación del método de compostaje Takakura conlleva la aplicación de varios elementos que se requieren para que el proceso se complete de forma exitosa, por lo que a continuación se presentan las etapas que se desarrollaron para el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos.

8.4.1. Recopilación de información

Para la recopilación de información se realizó una visita de campo durante el mes de marzo del 2018 a la Municipalidad de Hatillo en San José, esta institución se encuentra implementando el método de compostaje Takakura, gracias a la colaboración de JICA.

Se desarrolló una entrevista con el Sr. Álvaro Enrique Valerín Maroto, encargado del programa, el cual nos relató cómo ha sido la experiencia durante la implementación del método de compostaje Takakura. A continuación, se presenta un resumen de la entrevista realizada:

“Bueno, en estos momentos tenemos un convenio con la Agencia de Cooperación Internacional de Japón JICA. En el año 2012 nos visitaron cooperantes japoneses brindando capacitación de la técnica de compostaje Takakura, el cual lo hemos venido implementando en diferentes escenarios, como casas, empresas, escuelas y hace 1 año con un pequeño centro de compost para valorar la implementación de este método en el cantón de Escazú. Dentro de este pequeño centro hacemos sustrato microbial para regalar a la comunidad y las personas que estén interesadas en implementar este método, cada caja está hecha para tratar medio kilo de residuos orgánicos por día. La Municipalidad de Hatillo trata por año aproximadamente 273 toneladas por año.”

Figura 14. Selección de los residuos orgánicos Municipalidad de San José



Fuente: Facebook Compostaje Takakura Municipalidad de San José

“Para llevar a cabo este método los destinos económicos iniciales fueron alrededor de 300 mil colones para poder fabricar el sustrato microbial, la cama de fermentación, comprar la granza, semolina, y lo demás salió por rebote, ya que los demás materiales son de reutilización, como las cajas de cartón.”

“Es un método muy rápido para la descomposición, pero se requiere mucho espacio por el volumen de residuos orgánicos que tratamos que son aproximadamente 800 kg por día, por lo que requiere de cierta cantidad de maquinaria especializada para poder removerlo. Existen otros tipos de métodos que pueden suplantar este en escalas grandes, pero en escala pequeña como en la casa no creo que exista un método que sea tan rápido, efectivo, económico y fácil. Con una caja de cartón de galletas se puede hacer, en cambio en otros métodos hay que hacer mayor inversión.”

“Es importante analizar la cantidad de residuos que se van a trabajar, porque si por ejemplo se van a tratar 100 toneladas por mes existen técnicas más avanzadas tecnológicamente como maquinaria pesada back hoe, minicargadores u otros, que pueden resultar buenas para implementar.”

“Contamos con campañas de sensibilización hacia la comunidad, tenemos una página de Facebook que se llama Compostaje Takakura Municipalidad de San José, aparte de eso brindamos capacitaciones en escuelas, en la cual se le da una caja de compost a cada una de las personas que asista. Las capacitaciones varían mucho según la percepción de los cooperantes de la Agencia de cooperación Internacional de Japón JIKA, ya que con unos se aprende hacer compost y otros van más al tema de reciclaje.”

“Todo el compost que generamos es valorado con el Sr. Takakura; se le envían reportes de los residuos orgánicos que se le agregan al compost, los cuales son residuos como verduras ya que los recogemos del mercado, por lo tanto, el nivel ácido es alto, y debemos optar por otros residuos para reducir pH. Hasta el momento no hemos hecho ningún análisis químico para verificar la calidad del compost.”

Figura 15. Aplicación del Método de Compostaje Takakura



Fuente: Facebook Compostaje Takakura Municipalidad de San José

“El hecho de implementar el método de compostaje Takakura, no se trata del solo hecho de reducir los residuos orgánicos, se trata de una obligación, como bien lo dice la Ley 8839, la cual indica que debe de haber una buena gestión de residuos sólidos, e incluye los residuos valorizables; una de las 4 R habla de reciclar, valorizar residuos orgánicos y reciclables, lo cual es una obligación de todos hacerlo.”

“La estrategia nacional de reciclaje habla de implementar recolecciones selectivas de materiales en diferentes barrios, comunidades, cantones, por lo tanto, deberíamos de dar de manera seleccionada los materiales reciclables, eso es uno de los objetivos y ahí queremos llegar.”

Figura 16. Aplicación del Método de Compostaje Takakura



Fuente: Facebook Compostaje Takakura Municipalidad de San José

“Dentro de los elementos positivos del método, el principal es que es muy económico, y negativo tal vez la generación de insectos, por lo que impacta a las personas generando desagrado.”

“Lo que lo diferencia con respecto a otros métodos de compostaje son los tiempos de fermentación, tipos de materiales y el hecho de que es aeróbico y anaeróbico, en fin, buscamos que las persona le den un buen aprovechamiento tanto en sus casas, como en las empresas dando abono a sus plantas, zacate de jardín, y como en nuestro caso en los viveros de la Municipalidad.”

La información recolectada es de gran importancia para la aplicación del método de compostaje en las diferentes empresas, además, esta institución nos donó el sustrato microbioal para implementarlo en las empresas involucradas en el proyecto.

8.4.2. Implementación del método de compostaje Takakura Empresa A

La implementación del método de compostaje Takakura conlleva varias etapas para que se realice de forma exitosa, por lo cual a continuación se mostrarán los procesos que se tuvieron que desarrollar para la implementación del método en las diferentes empresas.

a. Elaboración de la caja de compostaje y el sustrato microbial

Para la implementación del método de compostaje Takakura se requiere la elaboración de una caja la cual se elaboró de acuerdo con la cantidad de residuos que deseamos disponer; esta información se obtuvo cuando se desarrolló el apartado 8.1. del presente documento, en el cual se realiza la caracterización de los residuos orgánicos.

En la empresa A la caja se realizó con madera reciclada de tarimas; la misma fue construida por el departamento de mantenimiento de la empresa. Esta cuenta con las siguientes dimensiones: 80 cm de ancho x 70 cm de alto x 125 cm de largo y con un recubrimiento de geotextil.

Figura 17. Caja método de compostaje Takakura Empresa A



El sustrato microbial fue una donación por parte de la Municipalidad de Hatillo en San José, la cual le donó a la empresa 30 kg del material para poder tratar la cantidad de residuos que se generan por día en la compañía.

Figura 18. Sustrato microbial Empresa A

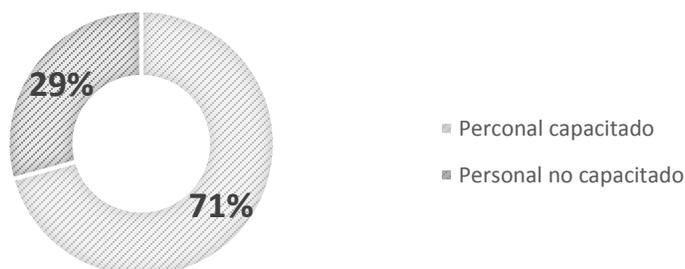


Este sustrato microbial es la base para la descomposición y tratamiento de los residuos: Para que el proceso se desarrolle de forma correcta se deben controlar ciertos parámetros esenciales para que la degradación de los residuos orgánicos se realice de forma correcta.

b. Capacitación sobre el método compostaje Takakura y el manejo de residuos sólidos

Como parte de la Implementación del Proyecto de Gestión Ambiental de los residuos sólidos orgánicos, se imparte una charla a los colaboradores sobre el Manejo de Residuos Sólidos en la Empresa A, además se les capacita en el tema sobre la disposición de los residuos orgánicos y el método de compostaje Takakura, que se implementa en la compañía. Se logró capacitar a 198 trabajadores de 280 del total de la población laboral.

Gráfico 24. Relación porcentual sobre el personal capacitado Empresa A



Según la representación gráfica anterior se muestra que el 71% de la población colaboradora recibió capacitación sobre el manejo de residuos orgánicos, así mismo se deja evidencia que el 29% de los colaboradores no pudieron asistir a la capacitación por diversos motivos.

Figuras 19 y 20. Capacitación en manejo de residuos orgánicos Empresa A



El proceso de capacitación se llevó a cabo durante una semana en horarios escalonados, ya que hay personal de producción y bodega, por lo que no se puede detener el proceso de estas áreas, además había que abarcar tanto el turno de la mañana como el de la tarde, la capacitación se desarrolló en una sala con capacidad para 40 personas, además se requirió la aprobación de las diferentes gerencias de la compañía.

c. Aplicación del método de compostaje Takakura

Para la aplicación del método de compostaje Takakura en la empresa A se contemplaron los residuos orgánicos generados del comedor y jardinería. Estos fueron depositados en la caja que contiene el sustrato microbio para obtener el abono orgánico como producto final. A continuación, se presenta el proceso que se desarrolló en la empresa A:

Figuras 21 y 22. Contenedor de residuos orgánicos Empresa A



Los residuos orgánicos fueron recolectados en contenedores, luego el personal de limpieza los recogió y los llevó al centro de acopio, donde se encuentra el área de compostaje.

Figuras 23 y 24. Preparación del residuo para la caja de compostaje



Para que el tratamiento sea más efectivo, se requiere que los trozos del residuo sean pequeños, por lo que se procedió a cortar los residuos de mayor tamaño, para posteriormente adicionarlos a la caja de compostaje.

Figura 25. Mantenimiento del proceso de compostaje



El proceso de compostaje es un proceso aeróbico, por lo tanto, requiere que se le esté dando vueltas, al Proyecto de la Empresa A se les brindó volteo 3 veces al día.

Figuras 26 y 27. Obtención del abono orgánico Empresa A



El proceso de descomposición de los residuos orgánicos tarda alrededor de 7 días, al cabo de un mes se logró obtener abono orgánico, se esperó esta cantidad de tiempo para que la cantidad de kg de material presente en la caja aumente y de esta forma cuando retiremos una parte para ser utilizada como abono, aún nos quede suficiente material para seguir realizando el proceso de compostaje de los residuos de la Empresa A.

Se retiró parte del material y se pasó por una zaranda; lo más grueso se devuelve a la caja ya que aún le falta por degradarse. Siempre se debe procurar dejar material para seguir con el proceso de compostaje. El abono que se obtuvo se dejó reposar en una caja de cartón durante 8 días para que culminara con el proceso de maduración.

Figura 28. Abono orgánico Empresa A



Pasado el tiempo de maduración del material, se obtuvo un abono rico en carbono y nitrógeno listo para ser utilizado en las plantas.

d. Control de parámetros del compostaje

El control de los parámetros del compostaje es uno de los principales pilares para que el método de compostaje Takakura funcione correctamente, estos parámetros corresponden a: control de la cantidad de residuos que se le agregan diariamente, humedad, temperatura y pH. Para realizar el control de dichos parámetros se utilizaron instrumentos como: higrómetros, termómetros, cintas medidoras de pH con el fin de garantizar la efectividad del compostaje.

Es importante mencionar que el sustrato microbial permite la integración de residuos orgánicos nuevos diariamente con residuos orgánicos (viejos) que ya llevan tiempo cumpliendo el proceso de compostaje, por lo cual no es necesario tener varias cajas para el proceso.

Con el fin de que la descomposición de los residuos orgánicos se realice de forma efectiva se desarrolló una bitácora (Apéndice A) en la cual se anotan diariamente los factores que pueden incidir directamente en la eficacia del proceso, a continuación, se presentan los datos recopilados a lo largo de la Implementación del Proyecto de Gestión Ambiental en la Empresa:

- **Control de pesaje:** para el control de este factor se realizó diariamente la recolección del residuo en la fuente de generación, para posteriormente obtener el pesaje, este dato fue anotado en la Bitácora de Control de Parámetros; el ayudante de ambiente se encargó de este proceso.

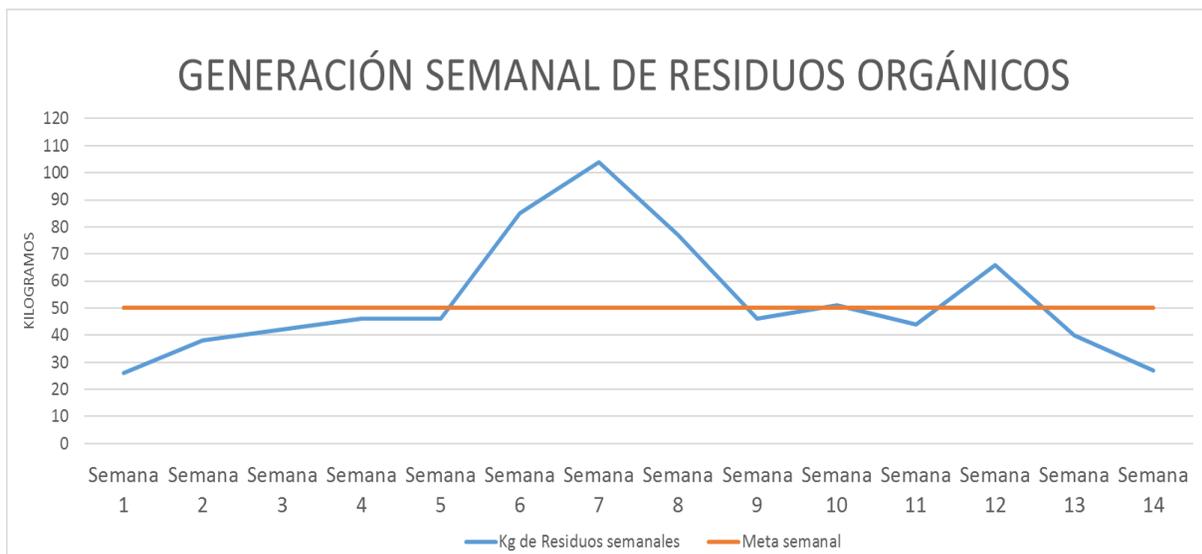
Figura 29. Control de pesaje Empresa A



Este pesaje se realiza en una carretilla con capacidad de 2 toneladas según se muestra en la imagen anterior y la cual permanece en el centro de acopio.

Según los datos recopilados durante un período de 3 meses, el promedio de kilogramos de residuos orgánicos recolectados por semana fue de 52 Kg; teniendo como un mínimo de 20 kg y máximo de 104 kg por semana. A continuación, se presenta gráficamente la recopilación de la información obtenida durante la aplicación del método de compostaje Takakura:

Gráfico 25. Control de pesaje de residuos orgánicos Empresa A



Para cumplir con la meta establecida de la reducción y tratamiento del 20% de los residuos sólidos orgánicos, se fijó el objetivo de recolectar al menos 50 kg de material por semana según se muestra en el gráfico anterior; además se puede visualizar el comportamiento de la generación de residuos durante 14 semanas que tardó la Implementación del Proyecto de Gestión Ambiental de los residuos sólidos orgánicos; al final de la ejecución del proceso se trataron la cantidad de 738 kg.

- **Humedad:** este parámetro es fundamental para la degradación de los residuos orgánicos, por lo que conocer el comportamiento de este factor fue sumamente importante. Siendo el compostaje un proceso biológico de descomposición de la materia orgánica, la presencia de agua es imprescindible para las necesidades fisiológicas de los microorganismos que intervienen en este proceso. La humedad óptima para el crecimiento microbiano se encontró entre el 40% y 60%.

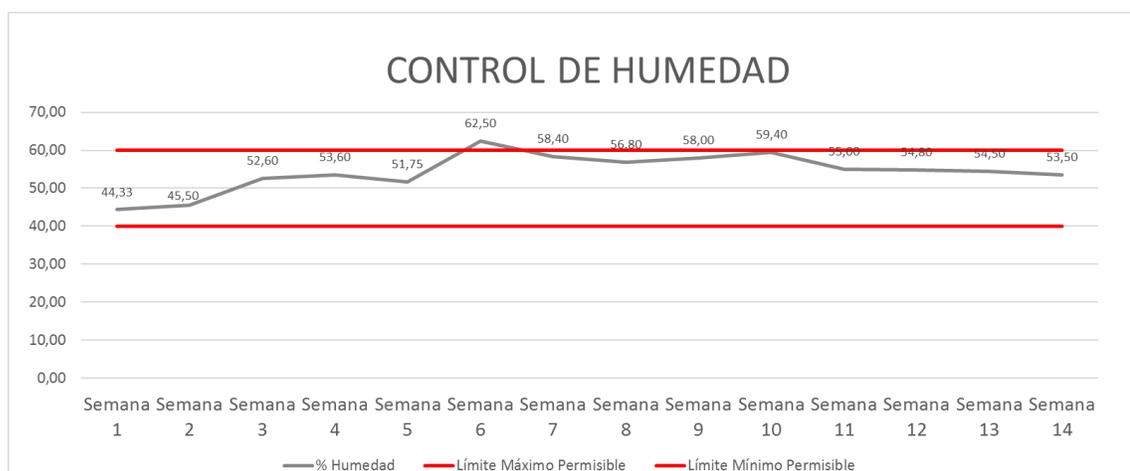
Figura 30. Control de humedad Empresa A



La medición se realizó por medio de un higrómetro; el control de este parámetro se llevó durante 14 semanas. El promedio de este valor por semana fue del 54%, con un mínimo de 44% y como un máximo de 63% humedad.

A continuación, se presenta gráficamente la recopilación de la información del control de humedad, obtenida durante la aplicación del método de compostaje Takakura:

Gráfico 26. Control de humedad Empresa A



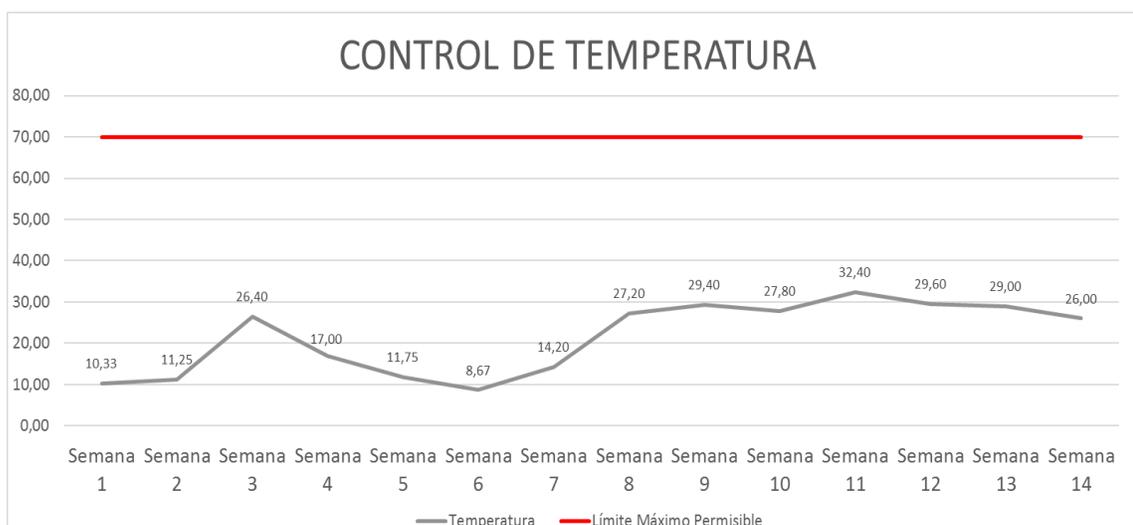
Según la representación gráfica anterior se muestra el comportamiento del parámetro de humedad; se establece un valor máximo y valor mínimo permitido para proyectar el comportamiento de este factor durante la duración del desarrollo del proyecto, además se puede observar que en la semana 6 se sobrepasó el límite máximo permitido; durante esta semana se presentaron problemas de malos olores, lo cual se corrigió agregando aserrín para absorber el exceso de humedad.

- **Temperatura:** El síntoma más claro de la actividad microbiana es el incremento de la temperatura del material que se composta, por lo que este parámetro se considera fundamental en el control del compostaje. La temperatura máxima permisible es de 70°C, por lo que es de suma importancia velar por que este parámetro no se sobrepase, ya que eliminaría la actividad microbiana.

Figura 31. Control de temperatura Empresa A



La medición de este parámetro se determinó por medio de un termómetro digital, este factor se controló durante 14 semanas, de lo cual se obtuvo un promedio semanal de 20,53°, con un mínimo de 8,7°C y un máximo de 32,4°C de temperatura. A continuación, se presenta gráficamente la recopilación de la información sobre el control de temperatura obtenida durante la aplicación del método de compostaje Takakura:

Gráfico 27. Control de temperatura Empresa A

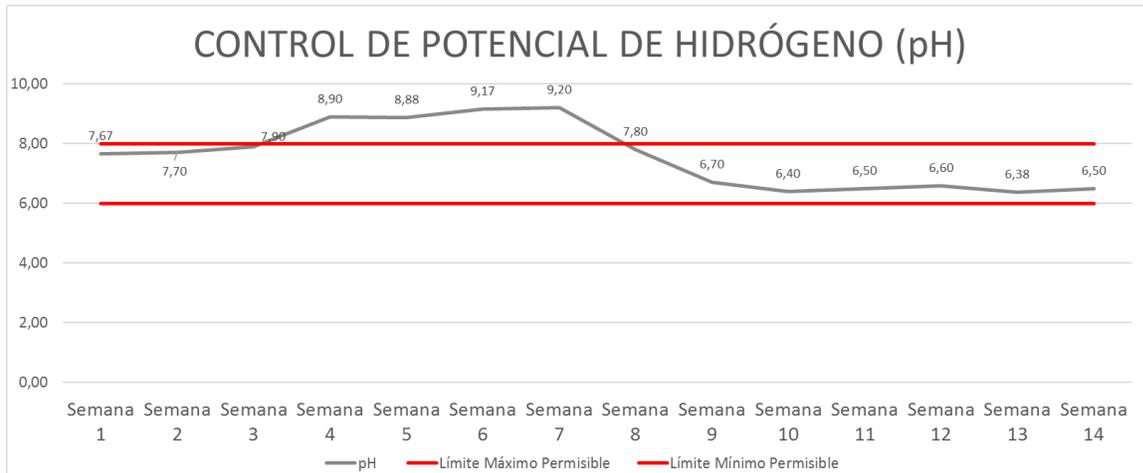
Según la representación gráfica anterior se pueden observar la información obtenida del control realizado durante la extensión del proyecto; se puede determinar que los datos más bajos obtenidos se presentaron durante la semana 6, los cuales coinciden con el problema identificado de saturación de humedad indicada en el punto anterior.

- **pH:** El rango de pH cercano al neutro o levemente ácido o ligeramente alcalino nos asegura el desarrollo favorable de la actividad microbiana, por lo que en esto incide la importancia de tomar en cuenta este parámetro para llevar el control de su comportamiento.

Figura 32. Control de pH Empresa A

La medición de este parámetro se determinó por medio del pH metro. Este factor se controló durante 14 semanas, de lo cual se obtuvo un promedio semanal de 7,78, con un mínimo de 6,4 y un máximo de 9,2 en el pH. A continuación, se presenta gráficamente la recopilación de la información obtenida respecto al control de pH durante la aplicación del método de compostaje Takakura:

Gráfico 28. Control del pH Empresa A



Según la representación gráfica se puede observar la información recopilada del control realizado durante el desenvolvimiento de la Implementación del método de compostaje Takakura. Se establece un valor máximo de 8 y valor mínimo 6 como rango permitido para proyectar el comportamiento de este factor; se puede observar en el gráfico que se sobrepasó el valor máximo permisible de la semana 3 a la semana 8.

8.4.3. Implementación del método de compostaje Takakura Empresa B

a. Elaboración de la caja de compostaje y el sustrato microbial

Para la implementación del método de compostaje Takakura se requiere la elaboración de una caja: En la empresa B se realizó con madera reciclada de tarimas; la misma fue construida por el Departamento de Salud Ocupacional de la empresa, la cual tiene las siguientes dimensiones 1.14 m de largo x 72 cm de ancho x 50 cm de alto. Los materiales con los que fue hecha fueron reutilizados del proyecto de construcción, los cuales son: madera de tarimas desechadas en el centro de acopio, y como recubrimiento se utilizó 3m de geotextil brindado por

la bodega, por lo que cabe destacar que el cajón no tuvo costo económico ya que se reutilizaron materiales sobrantes del proyecto.

Figura 33. Caja método de compostaje Takakura Empresa B

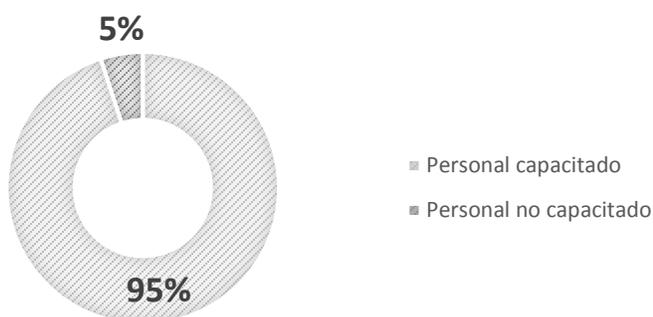


El sustrato microbial fue una donación por parte de la Municipalidad de San José, sede Hatillo, la cual dio a la empresa 5 kg del material para poder tratar la cantidad de residuos que se genera por día en el punto ecológico de la empresa.

b. Capacitación sobre el método compostaje Takakura y el manejo de residuos sólidos

Como parte de la implementación del Proyecto de Gestión de los residuos sólidos orgánicos, se imparte una capacitación a los colaboradores de la Empresa B para fomentar el conocimiento de la implementación sobre el método de compostaje Takakura, aplicado a los residuos orgánicos que se genera en el área de descanso después de los tiempos de alimentación. Se logró capacitar a 38 trabajadores de 40 del total de la población laboral.

Gráfico 29. Relación porcentual sobre el personal capacitado Empresa B



En la gráfica anterior se representa el 95% de la población fue capacitada en manejo de residuos orgánicos, mientras que el 5% de la población no pudo ser capacitada por el grado de avance de proyecto.

Figura 34. Capacitación Manejo de residuos orgánicos Empresa B



Para realizar la capacitación de los colaboradores se necesitó una reunión en los dos turnos por motivos propios de la construcción; para el primer turno se desarrolló después del tiempo de descanso, y para el segundo turno se realizó en horas de la tarde. El 100% fue personal de campo, y la misma se realizó en el área de descanso del proyecto. Esta encuesta se realizó en el mes de junio del 2018 con la ayuda del departamento de Salud Ocupacional y Ambiente.

c. Aplicación del método de compostaje Takakura

Para la aplicación del método de compostaje Takakura en la empresa B, se contemplan todos los residuos orgánicos que el personal deposita en sus horas de descanso en el contenedor para este tipo de residuo, los mismos son depositados en la caja donde se implementa el método Takakura para obtener el abono como producto final. A continuación, se presenta el proceso que se desarrolló en la empresa B:

Figuras 35 y 36. Contenedor de residuos orgánicos Empresa B



Los residuos fueron recolectados en un contenedor, en el cual los trabajadores depositaron los residuos orgánicos como: legumbres, verduras, frutas, pan, residuos de carnes, cascaras etc.

Figuras 37 y 38. Preparación del residuo para la caja de compostaje



Los residuos orgánicos obtenidos se aplicaron al cajón de compostaje, el cual cuenta con el sustrato microbial. Como segundo paso se mezcló el sustrato microbial con los residuos orgánicos, de manera manual dos o tres veces al día como mínimo, ya que al ser un proceso aeróbico requiere de la presencia de oxígeno para desarrollar el proceso de descomposición.

Figuras 39 y 40. Obtención del abono orgánico Empresa B



Para obtener el resultado final del método Takakura se debe esperar al menos 7 días para ver el proceso de descomposición de los residuos orgánicos, verificando el proceso de descomposición y valorando los parámetros del mismo. Según el método desarrollado al menos después de un mes realizando este proceso se obtuvo el abono como producto final.

Para la aplicación del abono en plantas, zonas verdes, se toma un 50% del compostaje, el cual se debe dejar reposar al menos 8 días previo a su uso; el mismo debe ser mezclado con tierra para evitar que el área que se quiera abonar no se vea perjudicada.

d. Control de parámetros del compostaje

En este apartado se presenta el proceso de evaluación de los parámetros observados durante el control del desarrollo de descomposición, y apreciación de los resultados finales del Proyecto de gestión ambiental por medio del método compostaje Takakura.

- **Control de pesaje:** Para el desarrollo del control de pesaje, se utiliza una balanza mecánica de mostrador, marca Camry. Para determinar el peso en kg de los residuos que se aplican al sustrato microbial, esta labor se realiza antes de agregar los residuos orgánicos al sustrato microbial, y el valor correspondiente se agrega a la bitácora diaria que se lleva internamente en la empresa. Este dato debe ser registrado en el control de parámetros.

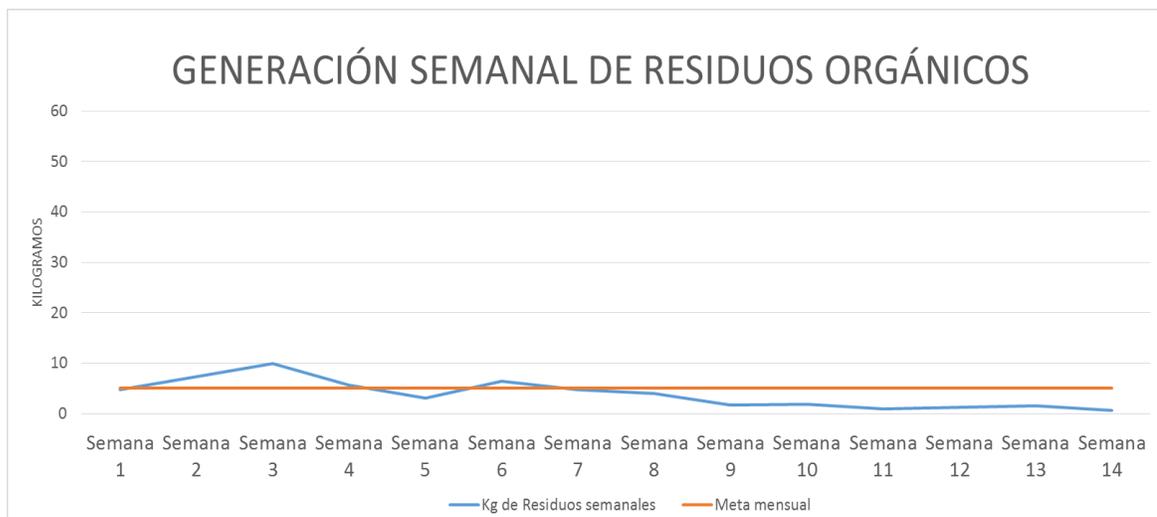
Figura 41. Control de pesaje Empresa B



En la aplicación del pesaje, se inició con una cantidad inicial de 4,20 kg de residuos orgánicos, producto de los sobros de los alimentos que los colaboradores depositaron en el contenedor; los residuos se valoraron durante los meses de mayo, junio y julio del presente año, con el objetivo de evaluar y analizar en campo el método de compostaje Takakura.

A continuación, se presenta la gráfica respectiva al control de pesaje que se mantuvo durante tres meses:

Gráfico 30. Control de pesaje de residuos orgánicos Empresa B



En el grafico anterior se observa los resultados del pesaje que se obtuvo durante tres meses, obteniendo como promedio 4 kilos semanales aplicados al compostaje diariamente.

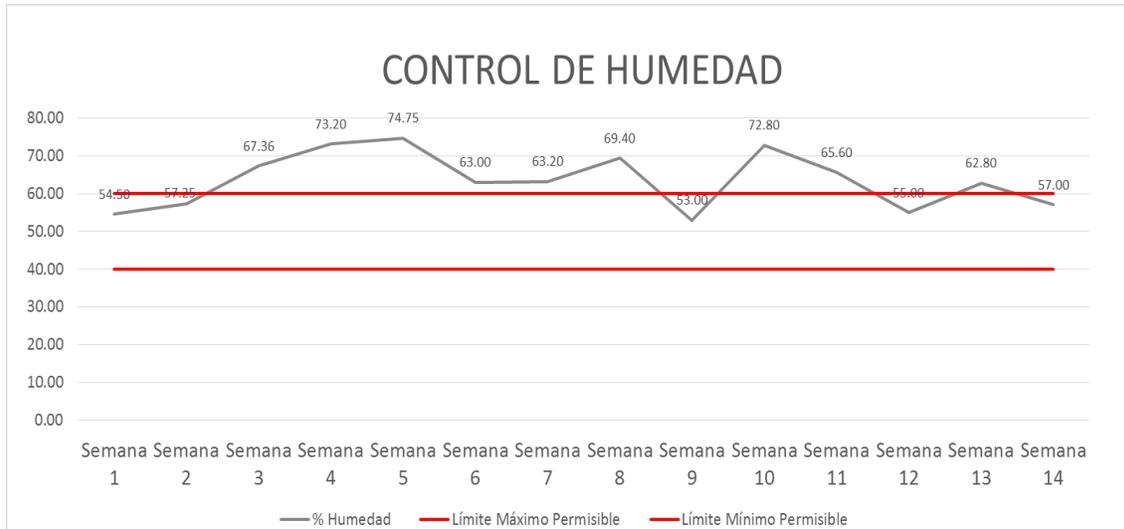
- **Humedad:** Para control de parámetros como la humedad, se utilizó un Termo Higrómetro TA318, de 54.5 x 56.5.mm. Este instrumento permite la medición de la humedad que se encuentra en el compostaje de manera interna, por medio de un sensor, el cual se introduce en el compostaje.

Figura 42. Control de humedad Empresa B



Este parámetro se analiza en el siguiente gráfico:

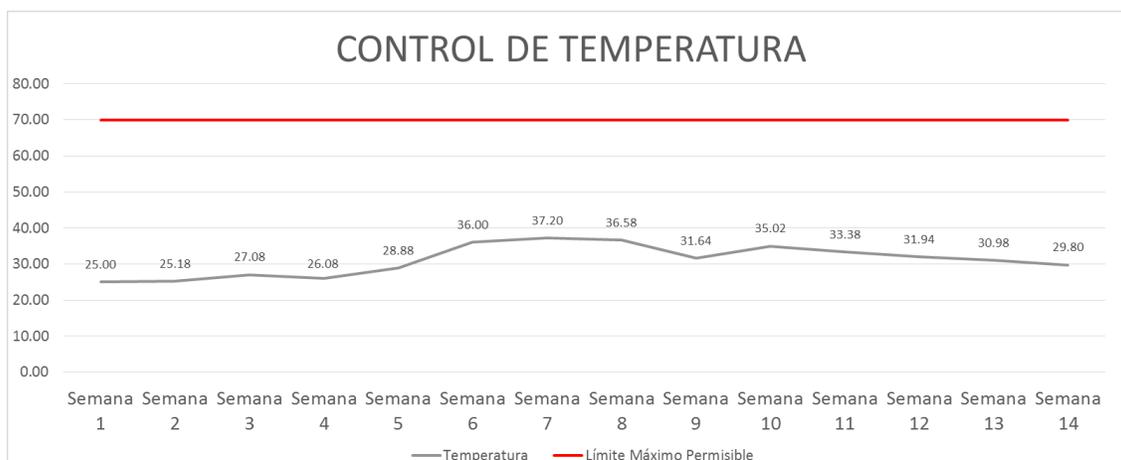
Gráfico 31. Control de humedad Empresa B



En la gráfica anterior se representa el porcentaje de humedad que se mantuvo durante los tres meses de evaluación obteniendo como mayor valor un 74,75% de humedad durante la semana cinco y como menor valor, un porcentaje de humedad del 34,30% durante la semana nueve. Partiendo de que el límite máximo permisible es de 60% y el mínimo permisible es de 40%, en la práctica diaria se trabajó para lograr mantener el rango de humedad dentro de los límites establecidos.

Cuando los valores se salen del rango superior, se procedió a la aplicación de harina o granza de arroz para absorber la humedad y lograr bajar el porcentaje, y en caso contrario, para aumentar la humedad, se le aplicó agua de manera; y el rango adecuado se midió comprimiendo el compost con el puño.

- **Temperatura:** Para el control de la temperatura se utilizó el mismo instrumento que se describe en la imagen 42. Este instrumento permite la medición de temperatura en °C que se encuentra en el compostaje de manera interna, por medio de un sensor. En el siguiente gráfico se analizará los datos obtenidos durante los tres meses:

Gráfico 32. Control de temperatura Empresa B

En la gráfica de control de temperatura se representa las variables que se mantuvieron durante los tres meses de observación del proceso de compostaje, en donde el límite máximo permisible es de 70°C, y el mínimo de 30°C; por lo tanto, se observa una anomalía durante la semana nueve, al obtenerse un valor de temperatura de 19,64°C. Esto ocasiona que el compostaje emane malos olores y que se puedan desarrollar larvas o vectores negativos para el desarrollo del compostaje.

En este caso, la acción a aplicar fue sacar el compostaje en bolsas plásticas colocándolo al sol para eliminar este potencial vector; para aumentar la temperatura se aplicó harina con aceite de cocina, con el fin de ayudar al sustrato microbial a cumplir con la descomposición de manera adecuada.

- **pH:** El método a utilizar para la medición del pH del compostaje se realiza mediante tiras tornasol pH-Fix 4.5-10.0. Para proceder, se seleccionan muestras homogéneas del sustrato microbial y agua destilada, las cuales se deben agregar en un recipiente, de manera que se forme una mezcla pastosa. La misma se dejó reposar aproximadamente entre 1 a 2 horas para poder introducir la tira. Una vez que introduce, se observó el color que tomó y se anotó el valor del pH.

Figura 43. Pesaje del compostaje para medición de pH Empresa B



Como se mencionó anteriormente se pesó la cantidad de compost que se requiere para elaborar la mezcla pastosa para poder medir el pH. Para ello se pesó una cantidad similar de compost y de agua.

A continuación, se muestra cómo se realizó la toma del pH en el proceso de compostaje de la empresa B:

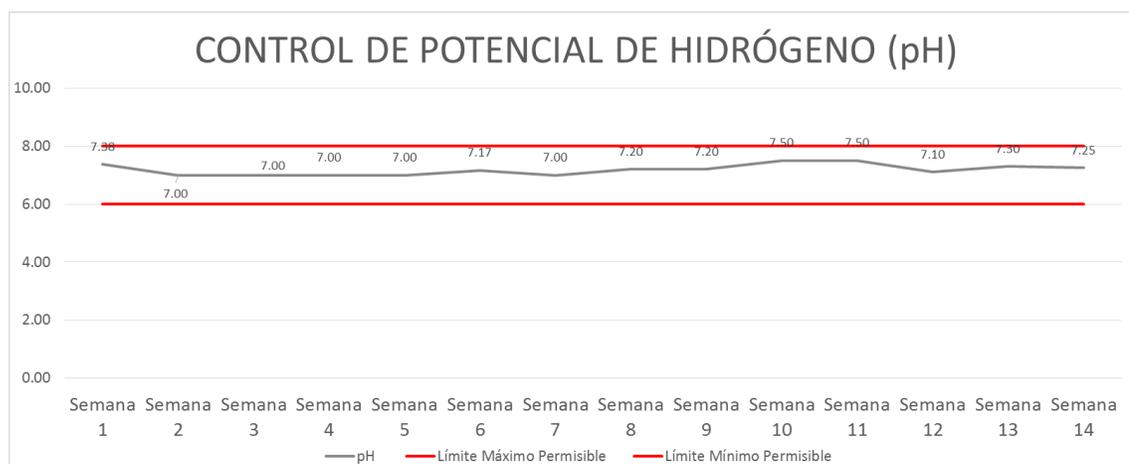
Figura 44. Cintas para medir pH



Se determinó el pH al compost, primero agregando el agua al recipiente, luego se puso la tira del papel tornasol, para conocer el valor de acidez del agua, y luego con el compost. Este valor para garantizar un bueno proceso debe tener valores de pH entre 6 a 8, de preferencia cercanos a 7. Con el método aplicado se valoró el resultado de la tira tornasol, para lo cual se comparó con el cuadro de colores del kit.

Figura 45. Medición del pH

Al tener los datos del pH del agua se procedió con la mezcla homogénea dejándola reposar por al menos de una a dos horas, y luego se tomó el valor del pH de la muestra.

Gráfico 33. Control de pH Empresa B

Según la representación gráfica anterior, se puede observar la información recopilada del control del pH realizado durante el proceso de compostaje. Se estableció un valor máximo de 7.5 y valor mínimo 7 como rango permitido para proyectar el comportamiento de este factor. Se puede observar en el gráfico que el pH se mantuvo dentro de los rangos permitidos.

8.4.4. Implementación del método de compostaje Takakura Empresa C

a. Elaboración de la caja de compostaje y el sustrato microbial

Para llevar a cabo la implementación del método de compostaje Takakura, el departamento de carpintería de la empresa confeccionó una caja de madera de pino y madera contrachapada, con una malla antiáfida en el interior del recipiente para procurar una buena aireación.

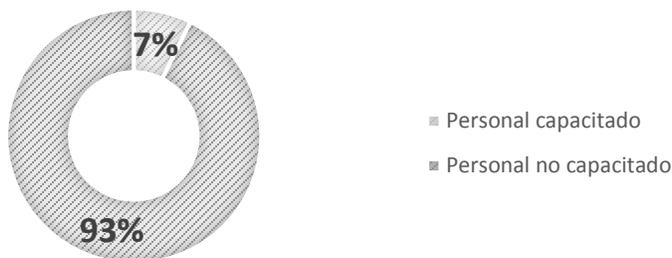
Figuras 46 y 47. Caja método de compostaje Takakura Empresa C



Posterior a la elaboración de la caja, se obtiene el sustrato microbial de 20 kilos por parte de la Municipalidad de Hatillo en San José, quien hizo la donación para dar inicio al proceso.

b. Capacitación sobre el método compostaje Takakura y el manejo de residuos sólidos

Para llevar a cabo la Implementación del Proyecto de Gestión de los residuos sólidos orgánicos, se requirió capacitar a los colaboradores sobre la temática del Manejo de Residuos Sólidos en la Empresa C, con el fin de dar a conocer el aprovechamiento de estos residuos por medio de algunos métodos, en este caso Takakura.

Gráfico 34. Relación porcentual sobre el personal capacitado Empresa C

Como bien se refleja en el gráfico anterior, el porcentaje de personal capacitado fue muy bajo, dado que representa un 7% de la población total, esto debido a la falta de prestación de personal. En su totalidad se capacitó 50 personas del total de 680 colaboradores.

Figuras 48 y 49. Capacitación en Manejo de residuos orgánicos Empresa C

Debido a varios contratos de trabajo que debían ser entregados en el corto plazo en la empresa C, el proceso de capacitación fue muy tedioso; se seleccionó un grupo de colaboradores de forma aleatoria, tanto del área de administración como de producción que tuvieran un poco más de disponibilidad en el turno del día. Esta actividad se desarrolló en el mes de junio.

Con el personal administrativo se realizó la capacitación en una sala de reuniones, por el contrario; para el personal de producción se tomaba personal en pequeños grupos con el fin de no intervenir en la producción, y por otra parte se aprovecharon otras actividades para hablarles un poco del tema de residuos orgánicos y método de compostaje Takakura.

c. Aplicación del método de compostaje Takakura

Los residuos orgánicos que se tratan para la implementación del método de compostaje Takakura, son lo que se generaron en el proceso de preparación de alimentos en la soda. Residuos tales como frutas, verduras, legumbres, cáscaras de huevo fueron depositados en un contenedor, el cual se encuentra ubicado en el área de cocina. A continuación, se presenta el proceso desarrollado en la Empresa C:

Figuras 50 y 51. Generación de residuos Empresa C



Una vez que los residuos orgánicos fueron depositados diariamente en el contenedor, el personal de mantenimiento procedió a la recolección y pesaje de estos, para ser llevados a la caja de compostaje ubicada en el área de la planta de tratamiento de la empresa C.

Figura 52. Recolección de los residuos orgánicos Empresa C



Posteriormente, se revisó el tamaño de los residuos, con el fin de reducir su tamaño para favorecer la descomposición. Se mezclaron los residuos orgánicos con el sustrato microbial. Este proceso de mezcla se realizó diariamente una o dos veces al día.

Figuras 53 y 54. Recolección de los residuos orgánicos Empresa C



Para obtener el resultado final, se tomó un 50% del compost, y se pasó por la zaranda. La materia más gruesa que aún no se había descompuesto en su totalidad, se volvió a echar en la caja de compost, mientras que el compost fue utilizado como abono para aprovechamiento doméstico de los trabajadores, siembra de árboles del centro de recreo de la empresa C.

Figura 55. Obtención del abono orgánico



Finalmente, al obtener el compost, se dejó madurar aproximadamente 8 días, para que este pudiera ser utilizado como abono.

d. Control de parámetros del compostaje

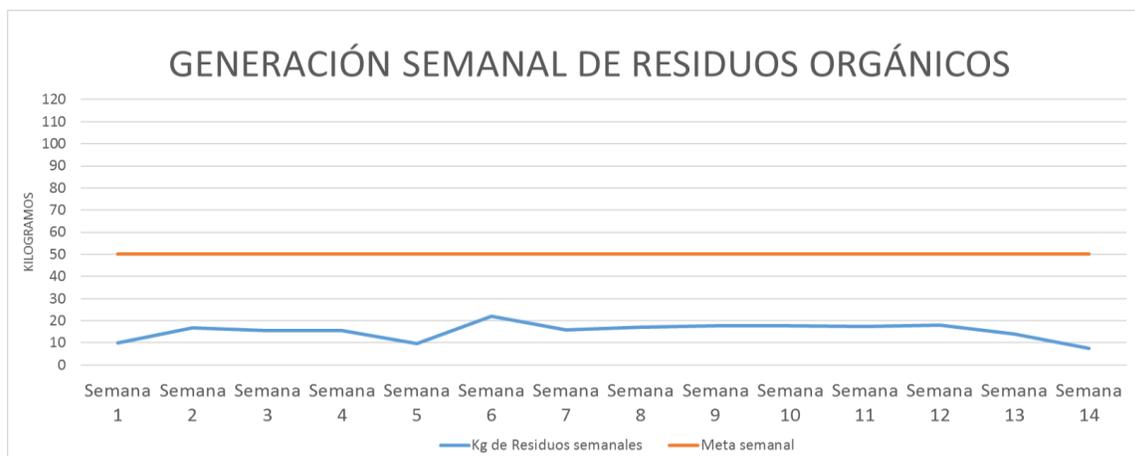
- **Control de pesaje:** Al extraer los residuos orgánicos de los contenedores, estos fueron pesados por medio de una balanza mecánica, para determinar la cantidad de residuos en kg que se trataron diariamente, antes de ser depositados en la caja de compost.

Figura 56. Control de pesaje Empresa C



En el siguiente gráfico se presenta la generación de residuos semanales en kg durante los meses de mayo, junio y julio.

Gráfico 35. Control de pesaje de residuos orgánicos Empresa C



El gráfico anterior refleja la cantidad en kg por semana, de los residuos orgánicos recolectados vs la meta semanal la cual fue de 15 kg, con el fin de reducir la mayor cantidad de residuos sólidos orgánicos que se generan en la soda.

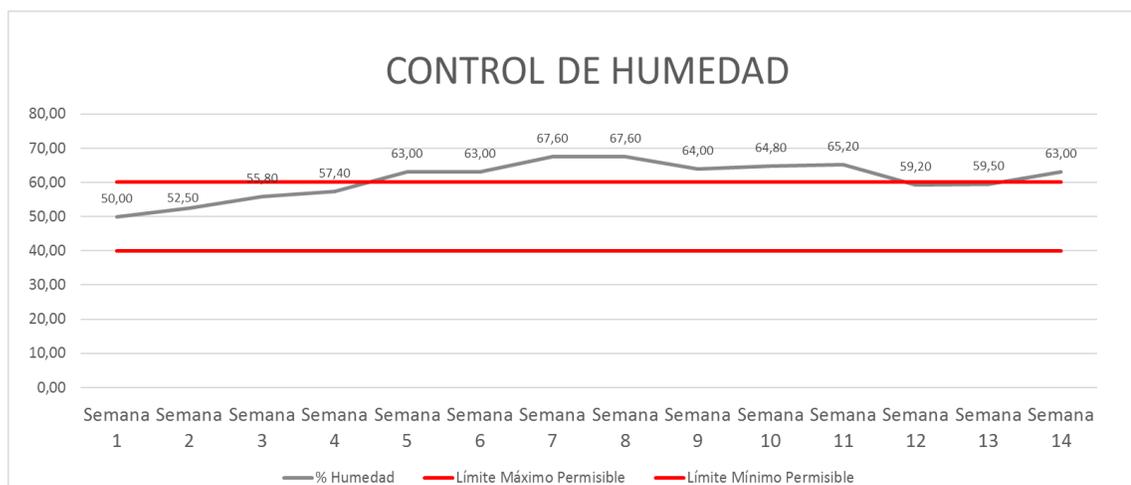
- **Humedad:** Para medir la humedad se utilizó un Termo higrómetro. Es un equipo que mide la temperatura, la humedad relativa del aire y del medio ambiente. Es un instrumento muy útil y práctico además los datos que se obtiene por medio de él son fáciles de interpretar.

Figura 57. Control de humedad Empresa C



Dentro de los parámetros a controlar este es uno de los principales, ya que de él depende la efectividad del proceso de descomposición de los residuos. Si la humedad es muy alta se pueden dar reacciones anaeróbicas, y puede reducir la velocidad del proceso, son posibles malos olores y pérdidas de nutrientes por lixiviación. Si la humedad es muy baja, solo los hongos pueden permanecer activos biológicamente y disminuye la actividad microbiana de las bacterias.

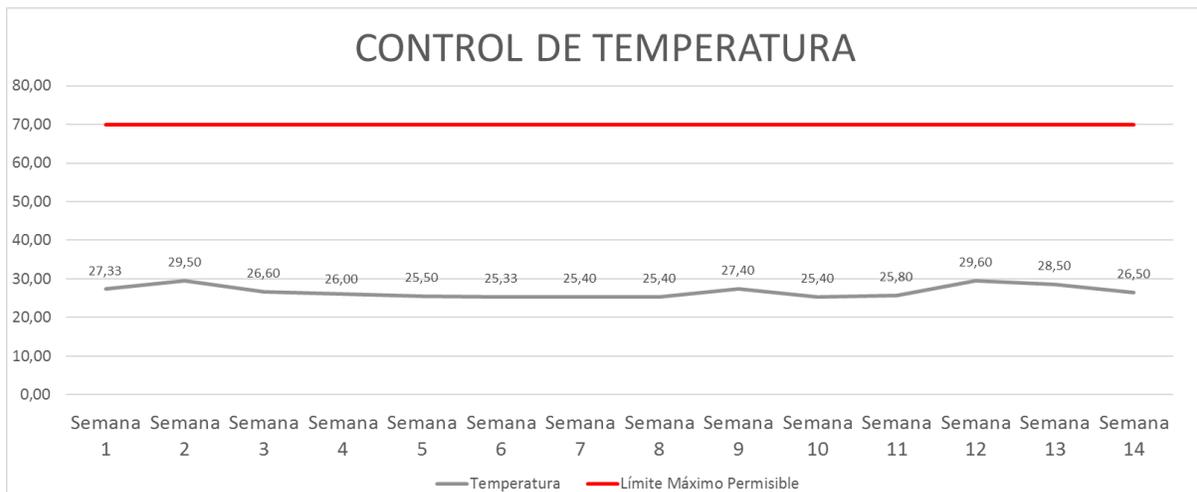
Gráfico 36. Control de humedad Empresa C



El gráfico anterior representa el porcentaje de humedad obtenido semanalmente durante los tres meses de la prueba, y los límites mínimos-máximos permisibles, ya que se debe considerar que los niveles óptimos de humedad están entre el 40% al 60%.

- **Temperatura:** Como se mencionó anteriormente, la temperatura se mide con el mismo instrumento presentado en la imagen 57.

Gráfico 37. Control de temperatura Empresa C

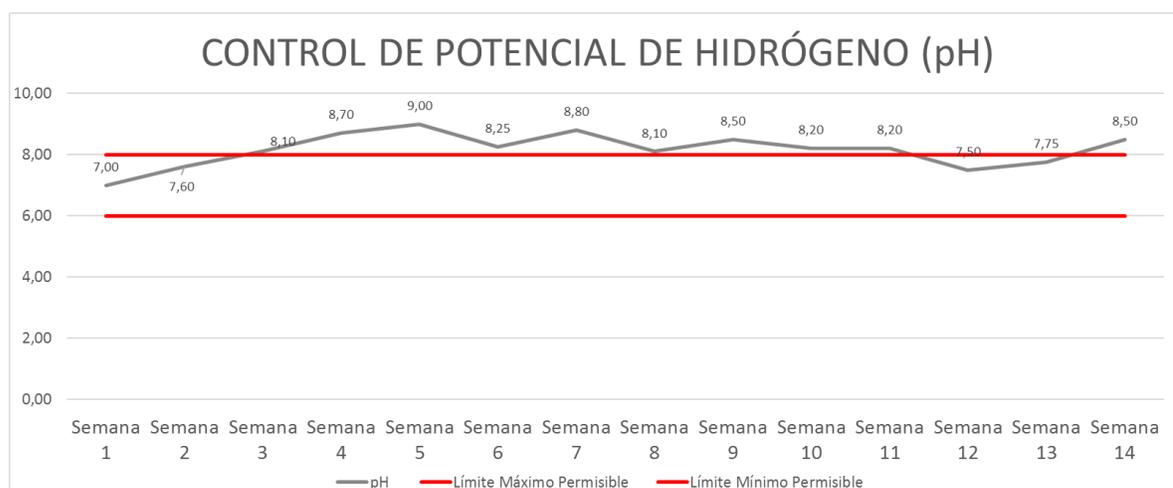


En el gráfico anterior se hace representación de la temperatura semanal del proceso de descomposición de los residuos ordinarios obtenida vs el límite máximo permisible. El control de este parámetro favoreció la velocidad de descomposición de la materia orgánica durante el compostaje, el cual varió poco durante el proceso. Se debe evitar el superar los 70° C, ya que puede provocar la eliminación de microorganismos.

- **pH:** Para llevar a cabo el control de este parámetro se utilizó un kit de tiras tornasol pH-Fix 4.5-10.0. Para ello se extrajo una pequeña muestra del sustrato microbial y agua destilada, las cuales se agregaron en un recipiente, de manera que se formó una mezcla pastosa. Seguidamente se dejó reposar aproximadamente entre 1 a 2 horas para introducir la tira y observar el color que tomó, y comparándolo con el cuadro del kit, indicó el nivel de pH.

Figura 58. Medición del pH Empresa C

Es importante indicar que los microorganismos del proceso prefieren un valor de pH de aproximadamente 6 a 7.5-8, mientras que si el pH es superior a 9 este afecta negativamente al crecimiento y actividad de los microorganismos.

Gráfico 38. Control de pH Empresa C

La gráfica anterior representa el control del parámetro pH durante el periodo de compostaje. Se interpreta según las mediciones que los valores obtenidos superan el límite máximo previamente establecido en 8, lo que indica que los valores cercanos a 9 afectaron el crecimiento y actividad de los microorganismos. Por lo tanto, entre la semana 3 y la semana 11 hubo una afectación al proceso de compost, debido a que los valores resultaron entre 8 y 9, sobrepasando el límite superior.

8.5.EVALUACIÓN DEL PROYECTO DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

En el apartado que se presenta a continuación se muestra la evaluación de la implementación del Proyecto de Gestión correspondiente al método de compostaje Takakura, por lo que se va a determinar la efectividad en la reducción del 20% de los residuos de origen orgánico que se generan en cada empresa.

Esto se realizó utilizando la siguiente fórmula, aplicada mes a mes durante la aplicación del Proyecto, además se presenta el promedio generalizado de la efectividad del tratamiento de los residuos orgánicos.

$$\frac{\text{Cantidad de residuos dispuestos después de la Implementación Sistema de Gestión Ambiental}}{\text{Cantidad de residuos dispuestos antes de la Implementación del Sistema de Gestión Ambiental}} \times 100\%$$

De la misma manera se mostrará la efectividad de la aplicación de otras actividades pertinentes en el cumplimiento de la reducción y tratamiento de los residuos orgánicos en las diferentes empresas.

8.5.1. Efectividad de la reducción del porcentaje de residuos orgánicos Empresa A

Durante el transcurso de 3 meses se recopilaron diferentes datos suministrados por medio del control de distintos elementos requeridos para la Implementación del Proyecto de Gestión de los residuos sólidos orgánicos.

Se realizó una comparación de la situación presentada antes de la ejecución del proyecto, esta información se obtiene de la caracterización de los residuos en el punto 8.1 del presente documento vs los resultados obtenidos durante la Implementación del Proyecto para el tratamiento de residuos sólidos orgánicos obtenidos del control de los parámetros en el punto 8.4. A continuación se muestran los resultados descritos con anterioridad.

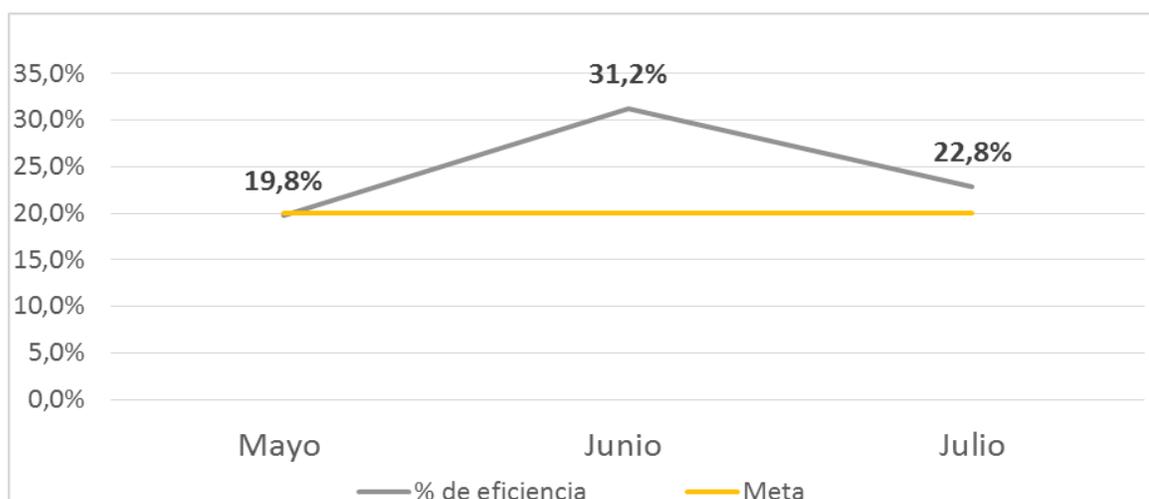
$$\text{Mayo 2018} \gg \frac{198}{1000} \times 100\% = 19.8\%$$

$$\text{Junio 2018} \gg \frac{312}{1000} \times 100\% = 31.2\%$$

$$\text{Julio 2018} \gg \frac{228}{1000} \times 100\% = 22.8\%$$

Se puede apreciar con respecto a los resultados obtenidos de la implementación del Proyecto de Gestión de los residuos sólidos orgánicos de la Empresa A, que se cumplió y se sobrepasó la meta propuesta del 20% para el tratamiento y reducción de los residuos sólidos orgánicos generados. Durante 3 meses se evitó enviar 738 Kg de residuos orgánicos a los rellenos sanitarios, para aprovecharlos como abono orgánico, por lo que se puede concluir que el Proyecto de Gestión de los residuos sólidos orgánicos fue efectivo.

Gráfico 39. Eficiencia de la Implementación del Proyecto de Gestión Ambiental



El principal objetivo de este proyecto se basó en la “Implementación de un Proyecto de Gestión de los residuos sólidos orgánicos para el tratamiento y reducción del 20% de los residuos orgánicos generados por tres empresas de la gran área metropolitana”.

El porcentaje de aprovechamiento durante el mes de mayo fue de 19.8%, el cual se logró al tratar 198 kg de residuos orgánicos. Durante el mes de junio la efectividad aumentó y se obtuvo un 31,2% de residuos recuperando 312 kg, finalmente, en el mes de julio decreció el porcentaje de eficiencia con un 22.8% en el cual se trataron 228 kg de residuos.

En promedio se obtuvo un aprovechamiento del 24,4%, lo cual satisface el objetivo planteado en un inicio del tratamiento y reducción de un 20% de los residuos generados en la Empresa A.

El éxito del Proyecto radica principalmente, al involucramiento de la Gerencia General de la empresa en cuestión, ya que se obtuvo el apoyo financiero y logístico para lograr alcanzar esta meta; también es importante mencionar que la participación del personal en el proceso fue un pilar muy importante ya que de esta forma se logró segregar exitosamente los residuos orgánicos.

Durante tres meses se logró tratar la cantidad total de 738 kg de residuos orgánicos por medio del método de compostaje Takakura, de esta forma se evitó enviar esta cantidad a un relleno sanitario, cumpliendo con el principio de responsabilidad compartida, establecido por la Ley 8839, Ley para la Gestión Integral de Residuos.

Es importante destacar que la caja del método de compostaje Takakura no dio abasto para tratar la cantidad total de los residuos orgánicos generados, por lo que se evidenció la necesidad de construir una segunda caja para proponer como meta futura tratar más del 20% de los residuos orgánicos generados en la Empresa A.

8.5.2. Efectividad de la reducción del porcentaje de residuos orgánicos Empresa B

Como control de la efectividad de la reducción del 20% de residuos orgánicos en la empresa B, se consideró la implementación del Proyecto de Gestión de los residuos sólidos orgánicos durante el transcurso de tres meses, en donde se recopilaron parámetros como se mencionó en el punto 8.4.3 del presente documento, los cuales son esenciales para el cumplimiento de la efectividad del compostaje para la obtención del abono orgánico y de dicho Proyecto.

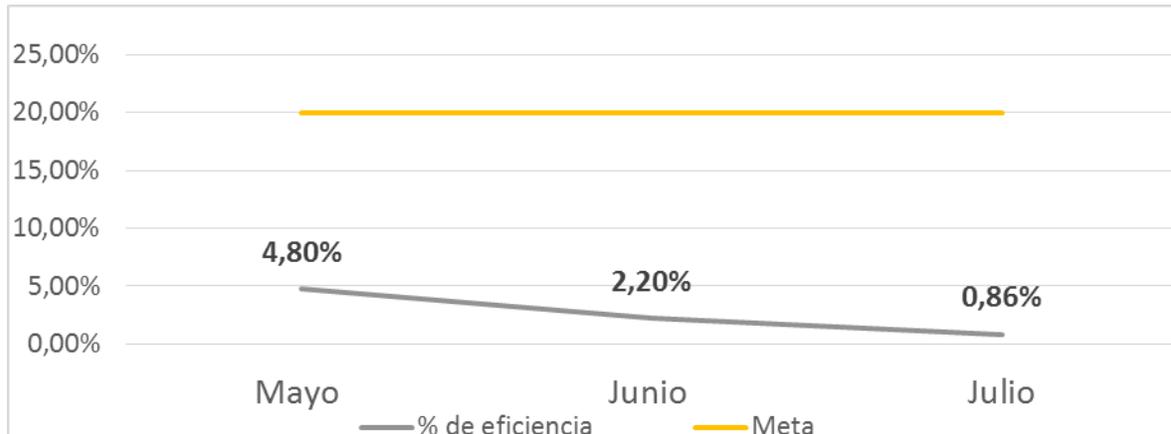
Al obtener los resultados de cada semana se procede a realizar una comparación de los resultados para garantizar la efectividad del proceso durante la aplicación del proceso de compost Takakura para la reducción de los residuos orgánicos. Por consiguiente, se muestra los datos obtenidos durante el desarrollo del Proyecto de Gestión de los residuos sólidos orgánicos.

$$\textit{Mayo 2018} \gg \frac{33,35}{700} \times 100\% = 4,8\%$$

$$\textit{Junio 2018} \gg \frac{15,70}{700} \times 100\% = 2,2\%$$

$$\textit{Julio 2018} \gg \frac{6,90}{700} \times 100\% = 0,86\%$$

Los datos indicados anteriormente presentan los resultados obtenidos durante la Implementación del Proyecto de Gestión de los residuos sólidos orgánicos de la Empresa B, los cuales no cumplen con la meta establecida del 20% para el tratamiento y reducción de los residuos orgánicos generados durante los tres meses de implementación. Por consiguiente, en total se logró tratar 49,05 kg de los residuos orgánicos que recolectó la empresa B, aprovechándolos como abono para siembra de plantas y evitando que su disposición no llegue a rellenos sanitarios. A continuación, se detalla en el gráfico lo mencionado:

Gráfico 40. Eficiencia de la Implementación del Proyecto de Gestión Ambiental Empresa B

El Proyecto de Gestión para la reducción de residuos orgánicos solo obtuvo como efectividad un 4,80% del 20% propuesto como objetivo de reducción de los residuos, durante el mes de mayo del 2018.

Esto se logró al aprovechar un total de 33,35 kilogramos de residuos orgánicos. Uno de los factores de los cuales afectó el tratamiento, es la falta de cultura por parte de los colaboradores al clasificar los residuos en el contenedor adecuado.

Además, la variación de la aplicación de los residuos según los parámetros varió de 2,70 kg por día, el valor más alto de recolección a 0,30 kg por día, el valor más bajo de recolección de residuos. Esto se debió a que los desperdicios son de comida que consume los trabajadores, por lo tanto, diariamente varía la recolección del residuo orgánico, este dato fue obtenido durante la aplicación del método de compostaje durante el mes de mayo 2018.

La efectividad que se obtuvo durante el mes de junio del presente año fue un 2,2% del 20% propuesto como objetivo, lográndose tratar 15,70 kg de residuos orgánicos. El factor influyente durante este mes fue la poca generación de residuos originaria de los desperdicios de comida de los colaboradores, el máximo valor de recolección fue de 1,30 kg por día.

La efectividad durante el mes de julio del 2018 fue de un 0.86% del 20% de la meta propuesta, por lo tanto, durante este mes fue muy deficiente la efectividad del tratamiento de los residuos. El motivo fue la finalización del proyecto de construcción, por lo que se trató 7,8 kg de residuos en total.

Por lo tanto, en general la implementación durante los tres meses mencionados no fue efectiva. Es importante indicar, que el proyecto de construcción se encontraba en la fase final.

La aplicación del método de compostaje Takakura según los resultados finales con respecto a los parámetros obtenidos y desarrollo del mismo, cumple con el resultado final referente al abono para la siembra de plantas ornamentales y otros usos que se les da.

8.5.3. Efectividad de la reducción del porcentaje de residuos orgánicos

Empresa C

En la información siguiente se reflejan los datos obtenidos de los resultados de la Implementación del Proyecto de Gestión Ambiental de la Empresa C, el cual no cumplió con la meta propuesta de la reducción del 20% de los residuos orgánicos generados en la soda.

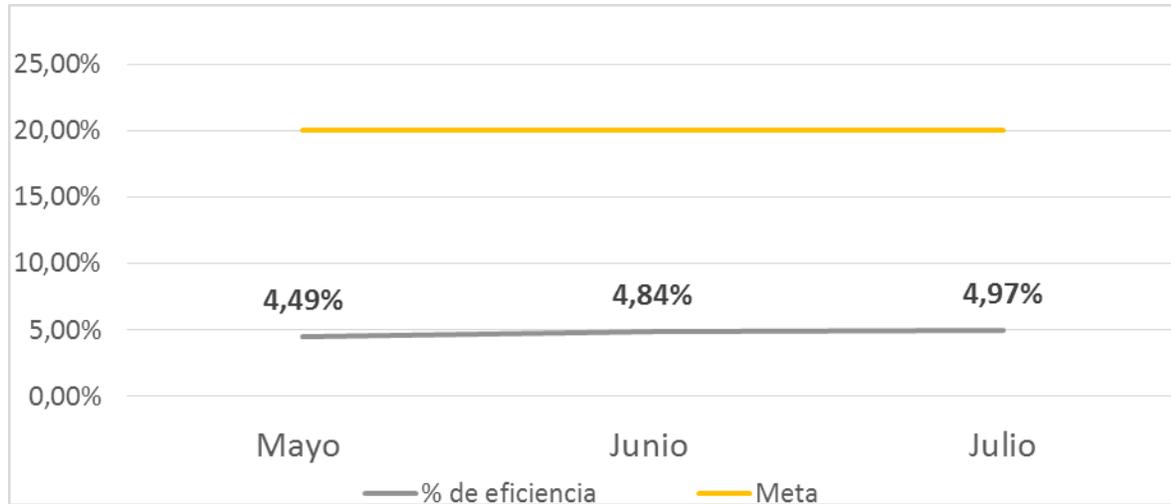
$$\mathbf{Mayo\ 2018} \gg \frac{67.40}{1500} \times 100\% = 4.49\%$$

$$\mathbf{Junio\ 2018} \gg \frac{72.70}{1500} \times 100\% = 4.84\%$$

$$\mathbf{Julio\ 2018} \gg \frac{74.60}{1500} \times 100\% = 4.97\%$$

El método si logró reducir el envío de un pequeño porcentaje de residuos sólidos orgánicos a los rellenos sanitarios. Cabe rescatar que la generación de estos residuos en la soda es muy alta, y requiere de un Proyecto más grande como por ejemplo el uso de pilas, para poder manipular en su totalidad los residuos que aquí se generan.

Gráfico 41. Eficiencia de la Implementación del Proyecto de Gestión Ambiental Empresa C



Se desarrolla este apartado conforme al planteamiento del objetivo general del proyecto; después de aplicar las técnicas de recolección de información propuesta: encuesta, entrevista, control de documental, observación del proceso, se determinó una serie de información que se analizó e interpretó.

El principal objetivo de este proyecto es la “Implementación de un Proyecto de Gestión para el tratamiento y reducción del 20% de los residuos orgánicos generados por tres empresas de la gran área metropolitana”.

Para llevar a cabo la implementación del método en la Empresa C, se obtuvo un estimado de la cantidad en kg de residuos generados por mes, para valorar la efectividad con respecto al 20%. Por lo tanto, el porcentaje de eficiencia del método durante el mes de mayo fue de 4,49%, durante el cual se logró tratar 67,40 kg de residuos orgánicos. Durante el mes de junio la efectividad del proyecto fue similar, ya que se obtuvo un 4,84%, tratando 72,70 kg de residuos.

Finalmente, en el mes de julio se mantiene el porcentaje de aprovechamiento de un 4.97%, el cual se obtuvo al tratar 74,60 kg. Como bien se representa en la gráfica, durante los tres meses el porcentaje de eficiencia se mantuvo en un rango aproximado al 5%.

La información anterior demuestra que los datos obtenidos de la implementación del Proyecto de Gestión de los residuos sólidos orgánicos de la Empresa C no cumplieron con la meta propuesta de la reducción del 20%. Esto se debe a que la generación de residuos orgánicos no fue muy alta, pues, para llevar a cabo la implementación de este programa, se seleccionó el proceso de preparación de alimentos de la soda, la cual genera residuos orgánicos sobrantes como cáscaras de huevo, frutas, verduras, legumbres, etc.

Se eligió este proceso por el motivo de la gran generación de desperdicios que se obtienen, ya que la población consumidora es muy alta, a causa de que la soda está habilitada al público en general; tomando en cuenta al personal de la empresa, contratistas y las organizaciones que conforman la zona franca.

Por lo tanto, para llevar a cabo el tratamiento de estos residuos, se requiere de mayor inversión, tanto en mano de obra para la recolección, traslado y control de los residuos orgánicos y materiales, como para la compra de contenedores que mantengan una debida segregación de residuos, maquinaria para remover mezclas y reubicación de espacio para poder tratarlos. Por este motivo, se excluyó este proceso, ya que la empresa no pretende invertir en un Proyecto tan grande.

Finalmente, no se cumplió con la meta propuesta, pero si se logró reducir en promedio un 4,77% de residuos orgánicos, los cuales han sido aprovechados como abono por parte de un grupo de voluntarios en la siembra de árboles.

9. CONCLUSIONES

Este último capítulo expone las principales conclusiones derivadas de la implementación del Proyecto de Gestión de los residuos sólidos orgánicos en las tres empresas ubicadas dentro de la GAM. En resumen, se determina si se logró reducir el 20% de los residuos orgánicos generados, principal objetivo planteado para cada una de las empresas.

En primera instancia, se advierte que se logró trabajar todos los objetivos específicos planteados. Asimismo, cabe recalcar que hubo una diferencia significativa entre las tres empresas, respecto a la población capacitada en el estudio y los procesos de los cuales fueron obtenidos los residuos orgánicos.

Según los resultados obtenidos por medio de la encuesta NTP 578, se obtiene un nivel de percepción de riesgo biológico (vectores) alto por parte de los colaboradores encuestados de cada empresa.

Tal y como señala la hipótesis planteada, “la implementación de un Proyecto de Gestión de residuos sólidos orgánicos modificará el pensamiento de la organización a uno más ecológico y amigable con el medio ambiente. Por otro lado, la creación del producto (compost) ayudará al medio ambiente y aportará beneficios a las diferentes compañías involucradas en el proyecto de investigación.”

Al respecto de dicha premisa, se concluye que, según los resultados obtenidos, solo la empresa A logró reducir el 20% de residuos orgánicos; no obstante, todos los resultados fueron muy provechosos en las tres empresas, ya que el producto obtenido durante todo el proceso es utilizado como abono, para el aprovechamiento de siembra de árboles, plantas, todo ello presentado como incentivo al trabajador en tanto beneficio de la disposición adecuada de este residuo. Este aporte indica la aceptación de la hipótesis, debido a que el producto obtenido durante el proceso de compost ha sido aprovechado en cada una de las empresas y por sus colaboradores; además, ha propiciado mejoras al medio ambiente.

Por otra parte, se probó el método de compostaje Takakura de acuerdo con la teoría su teoría, tal y como fue implementada en JICA por el señor Koji Takakura; con su réplica en el presente proyecto, se demostró que la técnica aplicada para la transformación de residuos sólidos orgánicos en abono orgánico es efectiva como fertilizante. Esta técnica se realiza a un bajo costo, reutilizando materiales que se encuentran como desecho en cada empresa (madera, geotextil, envases para siembra), lo que no generó gastos en compra de materiales para realizar el contenedor donde se produce el compostaje.

Durante el desarrollo de la aplicación del método de compostaje, los valores obtenidos de los parámetros temperatura, humedad y pH variaron por días. Esto se debió a la variabilidad de las materias a compostear, y a la manipulación aplicada en cada empresa para la descomposición de los residuos orgánicos por medio del sustrato microbial.

Según los resultados mencionados anteriormente, se evidenció una variación en humedad y temperatura, por lo cual se tuvo que ajustar la humedad agregando más cantidad de agua en caso de que arrojará resultados menores al 40% limitante; o bien, en caso de superar el 70%, se aplicaron materiales de absorción de humedad como pan, granza de arroz o aserrín. De tal manera, el sustrato microbial continuó su desarrollo sobre el material orgánico aplicado, evitando malos olores y potenciales vectores como larvas de moscas.

Como parte del desarrollo de este método, en dos de las tres empresas involucradas se obtuvo la presencia de larvas de mosca soldado, las cuales son esenciales para la descomposición de los residuos orgánicos aplicados. Estas larvas, además de su función como facilitadoras de la descomposición de los residuos, ayudan a la eliminación de huevos o larvas de moscas, moscardones y otros tipos de mosca que provocan enfermedades a los animales y seres humanos, por lo que no permite que este tipo de vectores afecten el abono. Este tipo de vector es un plus para el proceso de compost.

10. RECOMENDACIONES

Se recomienda aplicar este método de compostaje, ya que es un proceso que modifica los residuos orgánicos de la cocina, incluso ramas y hojas de árboles, a través de la acción descomponedora de los microorganismos para convertirla en útil abono orgánico. A su vez, permite disminuir la cantidad de residuos que se disponen en los rellenos sanitarios para así ayudar a mejorar los huertos, jardines, viveros, etc. Además, posee muchos beneficios como la no producción de malos olores ni lixiviados; es fácil de ejecutar, es económico y efectivo.

Este método aplica tanto nivel industrial como doméstico. Sin embargo, es más recomendado aplicarlo en generación de residuos orgánicos de pequeña escala, de manera que se pueda manipular manualmente, para que el usuario pueda controlar los residuos y tomar medidas de los parámetros, y así obtener mayor eficiencia del compostaje. Este proceso es más económico, ya que se utilizan pequeños contenedores o cajas con material reutilizable.

Si se requiere tratar residuos de mayor escala se debe considerar la compra de maquinaria como minicargadores, volteadores, palas manuales o palas cargadoras, diseñadas para conseguir un mezclado del compost de máxima eficiencia; igualmente, habría que considerar gastos en mano de obra y en el espacio para realizar pilas de compostaje. Por tanto, para este nivel de proceso, las compras de estos equipos requieren de todo un presupuesto, así como de un mercado para el compost obtenido.

Se debe disponer de espacio suficiente para compostar, pensando en la superficie que ocupa el material y un espacio adicional para manejarlo. La localización más apropiada es un lugar discreto, pero de fácil acceso, el cual permita trabajar sin dificultades. Conviene que el lugar esté un poco resguardado de condiciones meteorológicas adversas para no exponer el material a la lluvia, viento y sol, evitando así que los residuos se humedezcan o sequen demasiado.

Para la mantención de este método de compostaje se requiere de constancia y paciencia con la manipulación de los desechos orgánicos, ya que se deben picar o triturar lo más finamente posible; esto ayudará a que la descomposición sea más rápida, por lo que se recomienda contar con una trituradora. Por otra parte, se deben mezclar diariamente los residuos orgánicos con el sustrato microbial, para abastecer de aire a los microorganismos aerobios.

Después de 1 a 3 meses de alimentar el compost, este estará listo para cumplir su objetivo como abono orgánico. Se debe separar la mitad del sustrato microbial, una parte se deja reposar durante 8 días para estabilizar a los microorganismos y ser utilizada como abono en el suelo, la otra mitad se mantiene en la compostera como base para seguir elaborando compost.

El proyecto desarrollado se basa en el aprovechamiento de los residuos orgánicos dentro de una organización, o bien, desde los hogares. Por lo tanto, es recomendable utilizar los conocimientos aplicados como orientación de mejoramiento de un Proyecto de gestión ambiental, principalmente en el área de los residuos sólidos orgánicos, la cual busca la conservación del medio ambiente mediante la reutilización de residuos orgánicos; a su vez, se promueve la concientización de las personas, a través de capacitaciones o talleres de métodos de compostaje.

Finalmente, al ser este un proyecto amigable con el ambiente, de bajos costos, y aplicado en sitios de generación de residuos orgánicos de bajo volumen, se recomienda replicar la prueba en las instalaciones de la Universidad Técnica Nacional, como parte del programa "Eco Campus". Este promueve la conservación y mejoramiento del medio ambiente gracias a la participación de los estudiantes y a la creación de una cultura sobre el aprovechamiento de los residuos orgánicos. De tal manera, en relación con lo propuesto en este trabajo, dicha cultura se desarrollaría por medio de un valor agregado, en este caso abono orgánico, el cual puede aplicarse en jardinería o como abono para césped y sustrato para tierra. De esa manera, se brindaría, de forma responsable, una educación integral.

11. BIBLIOGRAFÍA

Agency, J. I. (25 de Julio de 2013). Novedosa técnica de compostaje Takakura se enseña en Costa Rica.

Blog Verde. (2018 de Julio de 2018). Obtenido de Blog Verde: [https://elblogverde.com/que-es-biodegradable/#Que es biodegradable](https://elblogverde.com/que-es-biodegradable/#Que_es_biodegradable)

Campitelli P., Ceppi S., Velasco M. y Rubenacker A. 2014. Obtención de Abonos de Calidad para las plantas.

CANAPEP. (24 de abril de 2018). Obtenido de CANAPEP: <https://canapep.com/wp-content/uploads/2015/12/Ley-8839-de-Gesti%C3%B3n-Integral-de-Residuos.pdf>

CIIFEN. (27 de Julio de 2018). Obtenido de CIIFEN: http://www.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=84&Itemid=336&lang=es

Construmatica. (2018 de Julio de 2018). Obtenido de Construmatica: <https://www.construmatica.com/construpedia/Geotextiles>

Cruz, J. (2009). Valoración agronómica de compost y vermicompost de alperujos mezclados con otros residuos agrícolas, efecto como enmiendas sólidas y líquidas. Universidad Politécnica De Valencia. España.

cslapalma. (27 de Julio de 2018). Obtenido de cslapalma: <http://www.cslapalma.org/5cubitos/que-son-los-residuos-organicos>

Definición. (2018 de Julio de 2018). Obtenido de Definición: <https://definicion.mx/patogeno/>

Definicion.DE. (27 de Julio de 2018). Obtenido de Definicion.DE: <https://definicion.de/cambio-climatico/>

Definicionabc. (27 de Julio de 2018). Obtenido de definicionabc: <https://www.definicionabc.com/general/fermentacion.php>

Diccionario de la lengua española Real Academia Española. (2018 de Julio de 2018). Obtenido de Diccionario de la lengua española Real Academia Española: <http://dle.rae.es/?id=EPVwpUD>

ECOLUR. (s.f.). Ecolur Compostaje.

EcuRed. (27 de Julio de 2018). Obtenido de EcuRed: https://www.ecured.cu/Materia_org%C3%A1nica

EVAL 2002, Evaluación Nacional de Servicios de Manejo de Residuos Sólidos, Costa Rica.

Experiencias en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Oficina Regional para América Latina y el Caribe.

Fernando Llorca, M. A. (02 de mayo de 2018). Ministerio de Salud. Obtenido de Ministerio de Salud : <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/biblioteca-de-archivos/sobre-el-ministerio/politcas-y-planes-en-salud/planes-en-salud/3025-plan-nacional-para-la-gestion-integral-de-residuos-2016-2021/file>

Fundación Azul. (26 de Julio de 2018). Obtenido de Fundación Azul: <http://www.azulambientalistas.org/rellenosanitario.html>

Honobe, Y. 2013. Manual para reducir desechos orgánicos. Fondo para la protección del agua – FONAG.

IGES. (2010). Compostaje para la reducción de Residuos, Juego de informaciones.

Ingeniería UNAN. (28 de Julio de 2018). Obtenido de Ingeniería UNAN: <http://www.ingenieria.unam.mx/~fuentesqv/TareasContAmb1/Microorganismos%20y%20Sustratos.pdf>

INSHT. (27 de Julio de 2018). Obtenido de INSHT: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Guias_Ev_Riesgos/Condiciones_trabajo_PYMES/cuestion11.pdf

- INTEC. Corporación de Investigación Tecnológica de Chile. (1999). Manual de compostaje. Chile.
- JICA. (Noviembre de 2017). Municipalidades reunidas para aprender del.
- Moreno, J., y Moral, R. (2008). Compostaje. Mundi-Prensa. Barcelona España.
- Panorama Agrario. (27 de Julio de 2018). Obtenido de Panorama Agrario: <https://panoramaagrario.com/2014/01/el-bioabono/>
- Penagos, J., Adarraga, J., Aguas, D., y Molina, E. (2011). Reducción de los Residuos Sólidos Orgánicos en Colombia por medio del Compostaje Líquido. Universidad del Norte. Colombia.
- Plan Nacional para la Gestión Integral de Residuos 2016-2017. San José, Costa Rica.
- Puerta, S. (2004). Los residuos sólidos municipales como acondicionadores de suelos. Corporación Universitaria Lasallista. Colombia.
- Rioja Salud. (28 de Julio de 2018). Obtenido de Rioja Salud : <https://www.riojasalud.es/profesionales/prevencion-de-riesgos/1104-riesgos-biologicos-accidentes-biologicos>
- Román, P., Martínez, M., y Pantoja, A. (2013). Manual de compostaje del agricultor.
- Significado de Fertilizante. (28 de Julio de 2018). Obtenido de Significado de Fertilizante: <https://es.wikipedia.org/wiki/Fertilizante>
- Proyecto de Gestión Ambiental MINCIT ISO 14001 2004. (28 de Julio de 2018). Obtenido de Proyecto de Gestión Ambiental MINCIT ISO 14001 2004: http://www.mincit.gov.co/publicaciones/8150/Proyecto_de_gestion_ambiental_mincit_bajo_la_ntc_iso_14001_2004
- Sztern, D. y Pravia, M. (2008). Manual para la elaboración de compost. Bases conceptuales y procedimientos. Uruguay.

Universidad Earth. (27 de Julio de 2018). Obtenido de Universidad Earth: C-Neutro es el balance entre la cuantificación de las emisiones y las acciones de reducción y remoción/compensación de gases efecto invernadero de una organización en un periodo verificable.

Valderrama, A. (2013). Biodegradación de residuos sólidos agropecuarios y uso del bioabono como acondicionador del suelo. Universidad pontificia bolivariana. Colombia.

APÉNDICES

APÉNDICE B

Encuesta Manejo de Residuos Sólidos

I Parte. Generalidades	
1. Género	5. Grado Académico
2. Edad	6. Nacionalidad
3. Área en la cual labora	7. ¿Sabe usted que son los residuos orgánicos?
4. Antigüedad en el puesto	
II Parte. Gestión en la empresa	
8. ¿Conoce si la empresa cuenta con procedimientos para el tratamiento de residuos sólidos?	
9. ¿Existen recipientes para depositar los residuos orgánicos?	
10. ¿Realiza usted la disposición de los residuos en los contenedores indicados para cada residuo?	
11. ¿Separa usted los residuos orgánicos de los residuos inorgánicos en la compañía?	
12. ¿Considera usted que los residuos orgánicos pueden ser aprovechables?	
13. ¿Conoce usted si en la empresa realizan algún tipo de aprovechamiento de los residuos orgánicos?	
14. ¿Se le ha brindado capacitación en temas relacionados con la gestión de residuos sólidos?	
Parte III. Gestión en los hogares	
15. ¿Separa usted los residuos en su hogar?	
16. ¿Realiza usted algún aprovechamiento de los residuos orgánicos en su hogar?	
17. ¿Cuál manejo les da a los residuos orgánicos producidos en su hogar?	
18. ¿En función de su respuesta anterior, con qué frecuencia usted realiza el manejo de los residuos orgánicos?	
19. ¿Sabe usted que es el compostaje?	
20. ¿Suponga que la municipalidad implementa un programa de compostaje, usted estaría dispuesto a participar en dicho programa?	
21. ¿Suponiendo que se implemente un programa de compostaje de residuos orgánicos, le gustaría recibir capacitaciones para poder fabricar sus propios abonos naturales a partir de los residuos orgánicos que genera en su lugar de residencia?	
22. ¿Qué tipo de fertilizantes prefiere?	
IV Parte. Método de compostaje Takakura	
23. ¿Conoce qué es el método Takakura?	

APÉNDICE C

Resultados de la encuesta

Se considera la siguiente información, referida a los datos generados por las tres empresas de la GAM, para determinar el manejo general que se brinda sobre el manejo de residuos orgánicos por parte de la empresa y del trabajador.

VARIABLE	EMPRESA		
	A	B	C
1. Género	Cantidad		
Femenino	20	0	9
Masculino	29	14	14
2. Edad (años)			
18-30	25	4	7
31-45	10	8	9
46-60	14	2	7
Más 65	0	0	0
3. Departamento			
Administrativo	15	0	14
Bodega	7	1	1
Producción	27	13	8
4. Antigüedad			
1-10 años	40	11	14
11-20 años	6	3	4
21 -35 años	3	0	5
36 a más	0	0	0
5. Grado académico			
Primaria completa	17	8	1
Secundaria incompleta	23	4	11
Universitaria	9	0	11
Ninguno	0	2	0
6. Nacionalidad			
Costarricense	48	2	23
Nicaragüense	1	12	0
7. ¿Sabe que son los residuos orgánicos?			
Si	48	10	21
No	1	4	2
8. ¿Conoce si la empresa cuenta con procedimientos para el tratamiento de residuos orgánicos?			
Si	47	12	14
No	2	2	9

VARIABLE	EMPRESA		
	A	B	C
9. ¿Existen recipientes para depositar los residuos orgánicos?			
Si	48	13	14
No	1	1	9
10. ¿Realiza usted la disposición en los recipientes indicados para cada residuo?			
Si	47	14	19
No	2	0	4
11. ¿Separa usted los residuos orgánicos de los inorgánicos?			
Si	43	14	15
No	6	0	8
12. ¿Considera usted que los residuos orgánicos pueden ser aprovechables?			
Si	48	14	23
No	1	0	0
13. ¿Conoce usted si en la empresa realizan algún tipo de aprovechamiento de los residuos orgánicos?			
Si	43	12	0
No	6	2	23
14. ¿Se le ha brindado capacitación en el tema de residuos sólidos?			
Si	43	13	4
No	6	1	19
15. ¿Separa usted los residuos en su hogar?			
Si	27	5	12
No	22	9	11
16. ¿Realiza usted algún aprovechamiento de los residuos orgánicos en su hogar?			
Si	14	3	8
No	35	11	15
17. ¿Cuál manejo les da a los residuos orgánicos producidos en su hogar?			
Quema	1	0	0
Recolección por parte de la municipalidad	41	13	17
Entierro	7	1	6
18. ¿Con que frecuencia realiza usted el manejo de los residuos orgánicos?			
1 vez a la semana	20	2	14
2 veces a la semana	22	11	6
3 veces a la semana	6	0	1
Otros	1	1	2

VARIABLE	EMPRESA		
	A	B	C
19. ¿Sabe usted que es el compostaje?			
Si	35	5	12
No	14	9	11
20. ¿Estaría dispuesto a participar en un programa de compostaje?			
Si	44	6	22
No	5	8	1
21. ¿Le gustaría recibir capacitaciones para poder fabricar sus propios abonos naturales a partir de los residuos orgánicos?			
Si	45	9	19
No	4	5	4
22. ¿Qué tipo de fertilizante prefiere?			
Orgánicos	49	13	23
Químicos	0	1	0
23. ¿Conoce que es el método de compostaje Takakura?			
Si	13	4	1
No	36	10	22

APÉNDICE D

Encuesta NTP 578

Exposición de posibles vectores dentro de la empresa								2018														
EVALUACION DIMENSIONAL DEL RIESGO PERCIBIDO (EDRP-T)																						
Edad: _____	Género: _____	Nacionalidad: _____			Fecha: _____																	
Años laborados en la empresa: _____		Grado Académico: _____																				
<p>A continuación debe valorar, utilizando una escala de 1 a 7, nueve aspectos relacionados con el factor de riesgo biológico en exposición a vectores como ratas, cucarachas, larvas, moscas y otros.</p> <p>Recuerde que debe marcar el numero que mejor represente su valoración</p>																						
A1. ¿En que medida conoce el riesgo asociado a este factor (en que medida conoce cuales son los daños que puede causarle la exposición a vectores como: cucarachas, ratas, moscas, larvas)																						
Nivel de conocimiento muy bajo	1	2	3	4	5	6	7	Nivel de conocimiento muy alto														
A2. ¿En que medida considera que los responsables de prevención en su empresa (Departamento de Salud Ocupacional) conocen el riesgo asociado a este factor?																						
Nivel de conocimiento muy bajo	1	2	3	4	5	6	7	Nivel de conocimiento muy alto														
A3. ¿En que grado le teme al daño que le puede generar este factor ?																						
En grado muy bajo	1	2	3	4	5	6	7	En grado muy alto														
A4. La posibilidad de que usted personalmente experimente un daño (pequeño o grande, inmediatamente o mas adelante) como consecuencia de este factor es:																						
Posibilidad muy baja	1	2	3	4	5	6	7	Posibilidad muy alta														
A5. En caso de producirse una situación de riesgo, la gravedad del daño que le puede causar este factor es:																						
Gravedad muy baja	1	2	3	4	5	6	7	Gravedad muy alta														
A6. ¿En qué grado puede evitar que este factor desencadene una situación de riesgo?																						
En grado muy bajo	1	2	3	4	5	6	7	En grado muy alto														
A7. En caso de producirse una situación de riesgo, ¿ En que medida puede intervenir para controlar (evitar o reducir)el daño que puede causarle este factor?																						
Posibilidad de control muy baja	1	2	3	4	5	6	7	Posibilidad de control muy alta														
A8. ¿En qué grado se trata de un factor que pueda dañar a un gran número de personas de una sola vez?																						
Grado nulo	1	2	3	4	5	6	7	Grado muy alto														
A9. En caso de exposición, ¿ Cuando se experimentan las consecuencias más nocivas de esta fuente de riesgo?																						
De manera inmediata	1	2	3	4	5	6	7	A muy largo plazo														
G1. ¿Como valorar el grado de accidente o de enfermedad muy grave asociado al factor de riesgo señalado al principio? Considera que los accidentes o enfermedades muy graves son aquellos que comportan una perdida de salud irreversible (muerte, perdida de miembros y de capacidades funcionales, enfermedades crónicas que acortan severamente la vida o reducen drásticamente la calidad de vida) ya sea de manera inmediata o medio/largo plazo. Valore la magnitud de este riesgo marcando con una X el punto de la siguiente línea según su opinión, tenga en cuenta que 0 representa muy bajo o nulo y 100 riesgo muy alto o extremo.																						
Riesgo muy bajo	0	5	10	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	Riesgo muy alto	
<p>Nota: Recuerde que nos estamos refiriendo a este factor de riesgo en su puesto de trabajo</p>																						

APÉNDICE E

Encuesta por entrevista realizada a la Municipalidad de San José

Preguntas planteadas
1. ¿Qué cantidad de residuos manejan con el método de compostaje Takakura?
2. ¿Por qué eligieron el método de compostaje Takakura?
3. ¿En qué consiste el método?
4. ¿Existe alguna campaña de sensibilización hacia la comunidad?
5. ¿Ustedes realizan toma de muestras o análisis de compost?
6. ¿Qué hacen con el producto obtenido?
7. ¿Qué objetivos persiguen con la implementación del programa de compostaje?
8. ¿Qué recursos materiales y económicos se destinan para la ejecución del proyecto?
9. ¿Cuáles serían los elementos positivos y negativos de la implementación del método de compostaje Takakura?
10. ¿Cuáles serían las proyecciones del programa de compostaje que tienen para el futuro?
11. ¿Cuáles recomendaciones nos daría para aplicar el método en nuestro proyecto de graduación?
12. ¿Considera que este método de compostaje deje beneficios en la reducción de residuos orgánicos en una empresa?
13. ¿Qué diferencia tiene el método Takakura con respecto a otros métodos de compostaje?
14. ¿Cuáles otros tipos de compostaje cree que se asimilan a este método de los cuales se podrían llegar a aplicar en una empresa?

APÉNDICE F

Resultados Ambientales en las organizaciones

Entre las mejoras ambientales implementadas a raíz de la ejecución del Proyecto de Gestión Ambiental en las empresas participantes, se destacan las siguientes:

En la Empresa A, se empleó el abono obtenido de la aplicación del método de compostaje Takakura en una mini huerta que se construyó con materiales reciclados del centro de acopio; los alimentos obtenidos se consumen en el comedor de la compañía.



Además, como parte de la campaña motivacional para que los colaboradores contribuyan con la adecuada separación de los residuos orgánicos, se les otorgó una muestra de abono orgánico obtenido por medio del método de compostaje Takakura, esto para que lo empleen en la planta que deseen.



A continuación, se muestran los usos que se les dio durante la obtención del producto final en la empresa B:

Siembra de plantas ornamentales



Desarrollo durante 15 días



El compostaje obtenido en la Empresa B por medio de este proyecto resultó ser una herramienta que permite utilizar el producto final como abono para la siembra de plantas. Estas últimas son aprovechadas por los trabajadores de la empresa, además, se dona el sustrato microbiano al personal que se encuentre interesado en ponerlo en práctica desde sus hogares.

El compostaje obtenido en la Empresa C por medio de este proyecto resultó ser una solución ambientalmente amigable que permite la transformación de los residuos orgánicos en materia prima para producir compost y generar un aprovechamiento de estos. Finalmente, los residuos se utilizaron como abono para la siembra de árboles, y semilla para los trabajadores que están interesados en implementar este método en sus hogares o sembrar algunos productos.



ANEXOS

ANEXO A

Glosario

TÉRMINO	DEFINICIÓN
Abono orgánico	Conjunto de residuos orgánicos originarios de fuente animal o vegetal los cuales se descomponen por medio de microorganismos para ser utilizados como fertilizantes.
Agentes Biológicos	Son los microorganismos con inclusión de los genéticamente modificados, los cultivos celulares y los endoparásitos humanos susceptibles de originar cualquier tipo de infección, alergia o toxicidad. (INSHT, 2018)
Bioabonos	Es un fertilizante líquido con todas las características de los abonos orgánicos que reemplaza, proporciona al suelo una serie de efectos benéficos para sus características físicas, químicas y biológicas. (Panorama Agrario, 2018)
Biodegradable	Es un producto cuando puede ser descompuesto por organismos biológicos (bacterias, hongos, algas...) en un entorno favorable (condiciones de temperatura, humedad, luz, oxígeno, etc.). (Blog Verde, 2018)
Bioxidativo	Referente a la oxidación de la materia orgánica por medio de microorganismos
Cambio climático	La idea de cambio climático, en este marco, alude a una variación del clima del planeta Tierra generada por la acción del ser humano. (Definición. DE, 2018)
Carbono neutro	C-Neutro es el balance entre la cuantificación de las emisiones y las acciones de reducción y remoción/compensación de gases efecto invernadero de una organización en un periodo verificable. (Universidad Earth, 2018)

TÉRMINO	DEFINICIÓN
Compostaje	El compostaje es una tecnología de bajo coste que permite transformar residuos y subproductos orgánicos en materiales biológicamente estables, los cuales pueden utilizarse como enmendantes y/o abonos del suelo y como sustratos para cultivo sin suelo, disminuyendo el impacto ambiental de los mismos y posibilitando el aprovechamiento de los recursos que contienen. (Zucconi y de Bertoldi, 1987).
Descomposición	Fermentación de una sustancia animal o vegetal muerta.
Eficiente	Es la capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir lo que queremos determinadamente. (Diccionario de la lengua española Real Academia Española, 2018)
Fermentación	La fermentación es un proceso natural que ocurre en determinados compuestos o elementos a partir de la acción de diferentes actores y que se podría simplificar como un proceso de oxidación incompleta. (definicionabc, 2018)
Fertilizante	Es cualquier tipo de sustancia orgánica o inorgánica que contiene nutrientes en formas asimilables por las plantas, para mantener o incrementar el contenido de estos elementos en el suelo, mejorar la calidad del sustrato a nivel nutricional, estimular el crecimiento vegetativo de las plantas, etc. (Significado de Fertilizante, 2018)
Geotextil	Es un material textil sintético plano formado por fibras poliméricas (polipropileno, poliéster o poliamidas), similar a una tela, de gran deformabilidad, empleada para obras de ingeniería en aplicaciones geotécnicas, cuya misión es hacer las funciones de separación o filtración, drenaje, refuerzo o impermeabilización. (Construmática, 2018)

TÉRMINO	DEFINICIÓN
Gestión integral de residuos	Es definida como el conjunto articulado e interrelacionado de acciones regulatorias, operativas, financieras, administrativas, educativas, de planificación, monitoreo y evaluación para el manejo de los residuos, desde su generación hasta la disposición final. (Fernando Llorca, 2018)
Ley 8839	Regula la gestión integral de residuos y el uso eficiente de los recursos, mediante la planificación y ejecución de acciones regulatorias, operativas, financieras, administrativas, educativas, ambientales y saludables de monitoreo y evaluación. (CANAPEP, 2018)
Lixiviados	Es un líquido generado por el proceso de descomposición de un sólido.
Materia orgánica	La materia orgánica o componente orgánico del suelo agrupa varios compuestos que varían en proporción y estado. La materia orgánica está compuesta por residuos animales o vegetales. (EcuRed, 2018)
Microorganismos	Es un ser vivo que solo puede ser observado por medio de microscopio debido a su tamaño.
Parámetros	Son valores numéricos producto de características de una población o modelo.
Patógenos	Es todo agente biológico externo que se aloja en un ente biológico determinado, causando daño a su anatomía a partir de enfermedades o daños visibles o no. (Definición, 2018)
Percepción	Es la manera en la cual se recibe, interpreta y comprende por medio de los sentidos el estímulo o sensación a la cual se está exponiendo el ser humano.

TÉRMINO	DEFINICIÓN
Proceso biológico aeróbico	La aerobiosis es un proceso de respiración celular, en el que se usa el oxígeno para la oxidación del sustrato (por ejemplo, azúcares y grasas, para obtener energía). (Wikipedia, 2018).
Proliferación	Es la reproducción masiva de un microorganismo.
Relleno Sanitario	Es una técnica de disposición final de los residuos sólidos en el suelo que no causa molestia ni peligro para la salud o la seguridad pública; tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de su clausura. (Fundación Azul, 2018)
Residuos Orgánicos	Los residuos orgánicos o bio-residuos domésticos son residuos biodegradables de origen vegetal o animal, susceptibles de degradarse biológicamente generados en el ámbito domiciliario y comercial. (cslpalma, 2018)
Riesgo	El riesgo se define como la combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas. (CIIFEN, 2018)
Riesgo biológico	Es la posible exposición a microorganismos que puedan dar lugar a enfermedades, motivado por la actividad laboral. (Rioja Salud, 2018)
Proyecto Gestión Ambiental	Es un proceso cíclico donde se planean, implementan, se revisan y mejoran de los procedimientos y acciones que lleva a cabo una organización para realizar sus actividades, garantizando el cumplimiento de la política ambiental, las metas y objetivos ambientales. (Proyecto de Gestión Ambiental MINCIT ISO 14001 2004, 2018)

TÉRMINO	DEFINICIÓN
Sustrato microbiano	Es la degradación de la materia orgánica con fines de tratamiento, cuyo objeto central es su eliminación; los microorganismos forman el ingrediente esencial para lograrlo y por consiguiente resulta importante cuantificar su evolución y el de la materia orgánica utilizada por ellos. (Ingeniería UNAN, 2018)
Takakura	Apellido del creador del compostaje nombrado Koji Takakura