

**APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN DOCE (12)
INSTITUCIONES EDUCATIVAS EN EL CASCO URBANO DE SANTA ROSA DE
CABAL, RISARALDA, QUE PRESTAN EL SERVICIO DE RESTAURANTE
ESCOLAR.**

**CRISTIAN DAVID SERNA
OSCAR WILLIAM ISAZA**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL
PEREIRA
2017**

**APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN DOCE (12)
INSTITUCIONES EDUCATIVAS EN EL CASCO URBANO DE SANTA ROSA DE
CABAL, RISARALDA, QUE PRESTAN EL SERVICIO DE RESTAURANTE
ESCOLAR.**

**CRISTIAN DAVID SERNA
OSCAR WILLIAM ISAZA**

Presentado a:

Ing. Ms.C. JANNETH ASTRID CUBILLOS VARGAS

**Universidad tecnológica de Pereira
Facultad de ciencias ambientales
Administración ambiental
Pereira
2017**

Nota de aceptación.

Firma del presidente del jurado.

Firma del jurado.

Firma del jurado.

Pereira, 19 de Mayo de 2017

Dedicatoria.

La presente tesis va dedicada a nuestras familias, principalmente a nuestras madres que ha sido un pilar fundamental en nuestra formación como profesionales, por brindarnos la confianza, consejos, oportunidades y recursos para lograrlo, a nuestros hermanos gracias por estar siempre en esos momentos difíciles brindándonos su mano, paciencia y comprensión, y por último a nuestros compañeros y amigos, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas y a todas aquellas personas que durante este proceso estuvieron apoyando y lograron que este sueño se haga realidad.

Gracias a todos.

Agradecimientos

Primero y como más importante, nos gustaría agradecer a Dios y a nuestra asesora de Tesis, Dr. Janneth Astrid Cubillos Vargas, por su esfuerzo y dedicación. Sus conocimientos, sus orientaciones, su manera de trabajar, su persistencia, su paciencia y su motivación han sido fundamentales para nuestra formación como investigadores.

Ella ha inculcado en cada uno de nosotros un sentido de seriedad, responsabilidad y rigor académico, ganándose nuestra gran admiración y sintiéndonos en deuda con usted por todo lo recibido durante el periodo de tiempo que ha durado esta tesis de pregrado.

De igual manera le agradecemos al señor Leonardo Cruz por permitirnos realizar nuestra tesis de grado en su empresa BIOMUNDO.

Tabla de contenido

DEDICATORIA.	4
AGRADECIMIENTOS	5
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABLAS	12
RESUMEN	16
ABSTRACT	17
INTRODUCCIÓN	18
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	21
1.1 PLANTEAMIENTO.	21
2. OBJETIVOS	24
2.1 OBJETIVO GENERAL.	24
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	24
3. JUSTIFICACIÓN.	25
4. MARCO DE REFERENCIA.	27
4.1 MARCO GEOGRÁFICO.	27
4.2 MARCO NORMATIVO.	30
4.3 MARCO CONCEPTUAL.	33
4.3.1 LOS RESTAURANTES ESCOLARES	33
4.3.2 RESIDUOS SÓLIDOS.	34
4.3.3 EL COMPOSTAJE.	36
4.4 MARCO TEÓRICO.	38
4.4.1 REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO. RAS 2000.	38
4.4.2 EL COMPOSTAJE AEROBIO.	39
4.4.3 ETAPAS DEL PROCESAMIENTO DEL COMPOSTAJE.	39
4.4.4 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL COMPOSTAJE.	43
4.4.5 PROCESO Y PARÁMETROS DE CONTROL.	46
5. METODOLOGÍA.	52

5.1 CAMPO DE INVESTIGACIÓN.	52
5.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN.	53
5.3 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.	53
5.4 DISEÑO E INVESTIGACIÓN.	54

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS	63
---------------------------------	-----------

6.1 FASE UNO CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS.	63
--	-----------

RECOLECCIÓN DEL MATERIAL PARA LA COMPOSTA	76
(KG)	76

PARA LA ELABORACIÓN DE PILAS FUE NECESARIO REALIZAR LA ADECUACIÓN DEL TERRENO, PARA LO CUAL SE CONTRATÓ CON UN TRACTOR PARA NIVELAR EL SUELO, DEJANDO CONDICIONES DE TOPOGRAFÍA PLANA PARA DISPONER LAS PILAS ADECUADAMENTE. DESPUÉS HACIENDO USO DE GUADUAS SE DEMARCARON 20 METROS CUADRADOS DE TRABAJO Y SE PROCEDIÓ A CERRAR EL SITIO CON UNA MALLA, CON LA FINALIDAD DE MEJORAR LA SEGURIDAD PARA LAS PILAS DE TRABAJO Y DE ESTE MODO EVITAR INCONVENIENTES EN LA OPERACIÓN DE LAS MISMAS.

• ADECUACIÓN DE LAS CANASTAS PARA LA REALIZACIÓN DEL COMPOSTAJE.	77
---	-----------

LAS PILAS DE COMPOSTAJE SE REALIZARON EN CANASTAS DE PASTA, QUE FUERON FORRADAS CON PLÁSTICO POR DENTRO PARA EVITAR SALIDA DEL MATERIAL Y LIXIVIADO, A LAS CUALES EN UNA ESQUINA SE LES REALIZÓ UN ORIFICIO Y POR DEBAJO SE CIÑÓ CON ALAMBRE UN TARRO DE PLÁSTICO PARA LA RECOLECCIÓN DEL LIXIVIADO GENERADO.

CLASIFICACIÓN DE MATERIAL PARA LA COMPOSTA (KG)	78
DÍA 1	78
DÍA 2	78
DÍA 3	78
DÍA 4	78
DÍA 5	78
DÍA 6	78
TOTAL	78
TOTAL RECOLECTADO	78
112,93	78
197,7	78
110,75	78
133,05	78
163,70	78
177,22	78
1058,4	78
TOTAL SEPARADO	78

91,06	78
179,22	78
90,56	78
122,3	78
159,84	78
166,25	78
809,23	78
RESIDUOS CRUDOS	78
52,60	78
147,92	78
70,34	78
94	78
103,74	78
135,60	78
604,2	78
RESIDUOS COCINADOS	78
38,46	78
31,30	78
20,22	78
28,3	78
56,10	78
30,65	78
205,03	78

6.2 FASE DOS: ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS TRES TRATAMIENTOS PROPUESTOS PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOSTAJE.

79

VOLUMEN DE LIXIVIADO RECOLECTADO PARA CADA PILA (ML)	82
PILA 1	82
930 ML	82
PILA 2	82
825 ML	82
PILA 3	82
1059 ML	82
PILA 4	82
956 ML	82
PILA 5	82
925 ML	82
PILA 6	82
865 ML	82
PILA 7	82
837 ML	82
PILA 8	82
1023 ML	82
PILA 9	82
936 ML	82

TOTAL MILILITROS	82
8356 ML	82
TOTAL LITROS	82
8,356 LTS	82
6.3 FASE TRES: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA Y FINANCIERA.	105
6.3.1 ANÁLISIS DE FUENTES DE FINANCIACIÓN.	106
6.3.3 COSTEO DE MANO DE OBRA.	107
6.3.5 INGRESOS OPERATIVOS.	110
6.3.8 MATERIA PRIMA E INSUMOS.	113
6.3.9 CARTERA	114
6.3.10 FLUJO DE CAJA	115
7. CONCLUSIONES	124
8. RECOMENDACIONES.	127
9. BIBLIOGRAFÍA.	129
10. ANEXOS	135
ANEXO 1. FORMATO DE ENCUESTA REALIZADO A LOS COLEGIOS	135
ANEXO 2. TEMPERATURAS REGISTRADAS DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE PARA LAS DIFERENTE PILAS	136
ANEXO 3. ANÁLISIS DE FERTILIDAD DEL COMPOST OBTENIDO	145
ANEXO 4. ANÁLISIS DE HUMEDAD PARA EL PRODUCTO FINAL OBTENIDO DE CADA PILA.	148
ANEXO 5. REGISTRO FOTOGRAFICO DE LOS DIFERENTES PROCESOS	151
ANEXO 6.RESULTADOS ESTADISTICOS	154

Lista de Figuras

<i>Figura 1 Ubicación de Santa Rosa de Cabal. Tomado de Gobernación de Risaralda</i>	<i>28</i>
<i>Figura 2 Distribución climatológica Santa Rosa de Cabal. Tomado de: Empocabal</i>	<i>29</i>
<i>Figura 3 Transporte y recorrido para la recolección.</i>	<i>56</i>
<i>Figura 4 Pilas. Tomado de: Ramírez, 2014.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 5 Porcentaje de encuestados que conocen lo que son los residuos orgánicos e inorgánicos</i>	<i>64</i>
<i>Figura 6 Tipo de residuos que genera la institución en el restaurante escolar.</i>	<i>65</i>
<i>Figura 7 Porcentaje de instituciones clasificadas por la disposición final que hacen de los</i>	<i>66</i>
<i>Figura 8 Porcentaje de encuestados que conocen la definición y/o concepto de separación en la fuente.</i>	<i>67</i>
<i>Figura 9 Rangos de producción de residuos de alimentos por los restaurantes escolares y porcentaje de instituciones situadas en dichos rangos.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 10 Número de instituciones educativas clasificadas por frecuencia de recolección de los residuos generados en los restaurantes escolares.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 11 Porcentaje de instituciones que sabe como separar los residuos orgánicos</i>	<i>69</i>
<i>Figura 12 Porcentaje de instituciones educativas que cuentan con los recipientes apropiados para una adecuada separación en la fuente.</i>	<i>70</i>
<i>Figura 13 Porcentaje de instituciones que conocen los beneficios ambientales que traen las prácticas como el reciclaje y la separación en la fuente.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 14 Porcentaje de instituciones que conocen las formas adecuadas de aprovechar los residuos orgánicos.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 15 Porcentaje de instituciones que tienen conocimiento acerca de lo que es el compostaje.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 16 Porcentaje de instituciones que reconoce la importancia de hacer compostaje</i>	<i>72</i>
<i>Figura 17 Instituciones educativas que tienen conocimientos acerca del programa de manejo integral de residuos orgánicos con que cuenta Santa Rosa de Cabal</i>	<i>73</i>
<i>Figura 18 Pesaje y selección del material.</i>	<i>78</i>
<i>Figura 19 Homogenización de los materiales</i>	<i>80</i>
<i>Figura 20 Canastilla para elaboración de compostaje y recolección de lixiviados</i>	<i>81</i>
<i>Figura 21 Acomodación del terreno y ubicación de las canastas.</i>	<i>82</i>
<i>Figura 22 Pilas de compostaje 1-9 dispuestas en el suelo después de la recolección de lixiviados</i>	<i>83</i>
<i>Figura 23 Muestreo aleatorio.</i>	<i>84</i>
<i>Figura 24 Comportamiento térmico del proceso de compostaje con material 100% crudo.....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 25 Comportamiento térmico del proceso de compostaje con material 90% crudo 10% cocinado durante las primeras tres semanas</i>	<i>91</i>
<i>Figura 26 Comportamiento térmico del proceso de compostaje con material 80% crudo 20% cocinado durante las primeras tres semanas</i>	<i>91</i>

<i>Figura 27 Control de pH</i>	93
<i>Figura 28 Curva de comportamiento de pH para el tratamiento 1</i>	96
<i>Figura 29 Curva de comportamiento de pH para el tratamiento 2</i>	97
<i>Figura 30 Curva de comportamiento de pH para el tratamiento 3</i>	97
<i>Figura 31 Pesaje del producto terminado</i>	99
<i>Figura 32 Proceso de pesaje</i>	151
<i>Figura 33 Proceso de clasificación</i>	151
<i>figura 34 Elaboración de pilas para la composta</i>	152
<i>Figura 35 Volteos toma de temperatura y lixiviados</i>	152
<i>Figura 36 Maduración y medición de pH</i>	153
<i>Figura 37 Tamizado o cernido</i>	153

Lista de tablas

<i>Tabla 1: Marco normativo</i>	30
<i>Tabla 2 Dióxido de carbono y estabilidad del compost. Fuente: Ras 2000-2012.</i>	42
<i>Tabla 3: Concentraciones toxicas en el producto.</i>	43
<i>Tabla 4: Relación carbono/nitrógeno según material de la composta.</i>	45
<i>Tabla 5 Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos en Colombia</i>	47
<i>Tabla 6 Parámetro determinados por la norma. Fuente: RAS 2000</i>	51
<i>Tabla 7: Lista de Instituciones para la recolección de residuos.</i>	52
<i>Tabla 8: Esquema de acción pruebas piloto.</i>	59
<i>Tabla 9: Recolecciones por institución.</i>	76
<i>Tabla 10: Totalidades de la recolección</i>	78
<i>Tabla 11: Recolección lixiviado.</i>	82
<i>Tabla 12 Segmento de la tabla de control de temperatura para las pilas de compostaje</i>	86
<i>Tabla 13 Comportamiento térmico de las pilas de compostaje con material 100% crudo</i>	87
<i>Tabla 14 Comportamiento térmico de las pilas de compostaje con material 90% crudo Y 10% cocinado</i>	88
<i>Tabla 15 Comportamiento térmico de las pilas de compostaje con material 80% crudo Y 20% cocinado</i>	89
<i>Tabla 16 Control de pH para el tratamiento 1</i>	94
<i>Tabla 17 Control de pH para el tratamiento 2</i>	94
<i>Tabla 18 Control de pH para el tratamiento 3</i>	95
<i>Tabla 19 Pesos totalizados de composta sin tamizar, tamizada y residuo obtenido del proceso</i>	99
<i>Tabla 20 Rendimiento del compostaje para el Tratamiento 1</i>	99
<i>Tabla 21 Rendimiento del compostaje para el Tratamiento 2</i>	100
<i>Tabla 22 Rendimiento del compostaje para el Tratamiento 3</i>	100
<i>Tabla 23 Compilación de los parámetros finales determinados para las pilas correspondientes al Tratamiento 1 por el laboratorio de análisis químicos de suelos y foliares de la Universidad Tecnológica de Pereira</i>	101
<i>Tabla 24 Compilación de los parámetros finales determinados para las pilas correspondientes al Tratamiento 2 por el laboratorio de análisis químicos de suelos y foliares de la Universidad Tecnológica de Pereira</i>	101
<i>Tabla 25 Compilación de los parámetros finales determinados para las pilas correspondientes al Tratamiento 3 por el laboratorio de análisis químicos de suelos y foliares de la Universidad Tecnológica de Pereira</i>	102
<i>Tabla 26 Datos condensados para el análisis estadístico</i>	102
<i>Tabla 27 Estadísticos descriptivos para comprobar la normalidad de los datos</i>	154

<i>Tabla 28 Análisis de Varianza y Test de LSD Fisher para el parámetro Humedad comparado por Tratamiento de compostaje.</i>	154
<i>Tabla 29 Análisis de Varianza y Test de LSD Fisher para el parámetro pH comparado por Tratamiento de compostaje.</i>	155
<i>Tabla 30 Análisis de Varianza y Test de LSD Fisher para el parámetro Nitrógeno comparado por Tratamiento de compostaje.</i>	155
<i>Tabla 31 Análisis de Varianza y Test de LSD Fisher para el parámetro Materia Orgánica comparado por Tratamiento de compostaje.</i>	156
<i>Tabla 32 Análisis de Varianza y Test de LSD Fisher para el parámetro Potasio comparado por Tratamiento de compostaje.</i>	156
<i>Tabla 33 Análisis de Varianza y Test de LSD Fisher para el parámetro Calcio comparado por Tratamiento de compostaje.</i>	157
<i>Tabla 34 Análisis de Varianza y Test de LSD Fisher para el parámetro Magnesio comparado por Tratamiento de compostaje.</i>	157
<i>Tabla 35 Análisis de Varianza y Test de LSD Fisher para el parámetro Relación C/N comparado por Tratamiento de compostaje.</i>	158
<i>Tabla 36 Comparación entre las medias de los parámetros obtenidos para los diferentes tratamientos y los parámetros exigidos por la norma.</i>	104
<i>Tabla 37 Fuentes de financiación.</i>	106
<i>Tabla 38 Plan de inversión en miles de pesos.</i>	106
<i>Tabla 39 Planta de Personal.</i>	107
<i>Tabla 40 Nómina personal.</i>	108
<i>Tabla 41 Total nómina a cinco años.</i>	109
<i>Tabla 42 Gastos.</i>	109
<i>Tabla 43 Ingresos operativos.</i>	111
<i>Tabla 44 Depreciación.</i>	111
<i>Tabla 45 Costos de Operación.</i>	113
<i>Tabla 46 Materia prima e insumos.</i>	113
<i>Tabla 47 Compra de insumos.</i>	114
<i>Tabla 48 Comportamiento de cartera.</i>	115
<i>Tabla 49 Flujo de caja.</i>	115
<i>Tabla 50 Estado de resultados.</i>	116
<i>Tabla 51 Balance General.</i>	117
<i>Tabla 52 Indicadores de evaluación financiera.</i>	119
<i>Tabla 53 Costos por tonelada en el relleno sanitario.</i>	121

<i>Tabla 54 Control semanal de temperatura para la Pila 1</i>	136
<i>Tabla 55 Control semanal de temperatura para la Pila 2</i>	137
<i>Tabla 56 Control semanal de temperatura para la Pila 3</i>	138
<i>Tabla 57 Control semanal de temperatura para la Pila 4</i>	139
<i>Tabla 58 Control semanal de temperatura para la Pila 5</i>	140
<i>Tabla 59 Control semanal de temperatura para la Pila 6</i>	141
<i>Tabla 60 Control semanal de temperatura para la Pila 7</i>	142
<i>Tabla 61 Control semanal de temperatura para la Pila 8</i>	143
<i>Tabla 62 Control semanal de temperatura para la Pila 9</i>	144
<i>Tabla 63 Metodologías utilizadas por el laboratorio de Suelo y Foliar de la Universidad Tecnológica de Pereira para el análisis de fertilidad del compost obtenido.</i>	145
<i>Tabla 64 Resultados del análisis de fertilidad para la Pila 1 Realizado por el laboratorio de suelos y foliares UTP.</i>	145
<i>Tabla 65 Resultados del análisis de fertilidad para la Pila 2 Realizado por el laboratorio de suelos y foliares UTP.</i>	145
<i>Tabla 66 Resultados del análisis de fertilidad para la Pila 3 Realizado por el laboratorio de suelos y foliares UTP.</i>	145
<i>Tabla 67 Resultados del análisis de fertilidad para la Pila 4 Realizado por el laboratorio de suelos y foliares UTP.</i>	146
<i>Tabla 68 Resultados del análisis de fertilidad para la Pila 5 Realizado por el laboratorio de suelos y foliares UTP.</i>	146
<i>Tabla 69 Resultados del análisis de fertilidad para la Pila 6 Realizado por el laboratorio de suelos y foliares UTP.</i>	146
<i>Tabla 70 Resultados del análisis de fertilidad para la Pila 7 Realizado por el laboratorio de suelos y foliares UTP.</i>	146
<i>Tabla 71 Resultados del análisis de fertilidad para la Pila 8 Realizado por el laboratorio de suelos y foliares UTP.</i>	147
<i>Tabla 72 Resultados del análisis de fertilidad para la Pila 9 Realizado por el laboratorio de suelos y foliares UTP.</i>	147
<i>Tabla 73 Resultados del análisis de humedad por el método gravimétrico (24 horas a 105 °C) Pila 1. Realizado por el laboratorio de análisis químicos suelos y foliares UTP.</i>	148
<i>Tabla 74 Resultados del análisis de humedad por el método gravimétrico (24 horas a 105 °C) Pila 2. Realizado por el laboratorio de análisis químicos suelos y foliares UTP.</i>	148
<i>Tabla 75 Resultados del análisis de humedad por el método gravimétrico (24 horas a 105 °C) Pila 3. Realizado por el laboratorio de análisis químicos suelos y foliares UTP.</i>	148

<i>Tabla 76 Resultados del análisis de humedad por el método gravimétrico (24 horas a 105 °C) Pila 4.</i>	
<i>Realizado por el laboratorio de análisis químicos suelos y foliares UTP.</i>	<u>149</u>
<i>Tabla 77 Resultados del análisis de humedad por el método gravimétrico (24 horas a 105 °C) Pila 5.</i>	
<i>Realizado por el laboratorio de análisis químicos suelos y foliares UTP.</i>	<u>149</u>
<i>Tabla 78 Resultados del análisis de humedad por el método gravimétrico (24 horas a 105 °C) Pila 6.</i>	
<i>Realizado por el laboratorio de análisis químicos suelos y foliares UTP.</i>	<u>149</u>
<i>Tabla 79 Resultados del análisis de humedad por el método gravimétrico (24 horas a 105 °C) Pila 7.</i>	
<i>Realizado por el laboratorio de análisis químicos suelos y foliares UTP.</i>	<u>149</u>
<i>Tabla 80 Resultados del análisis de humedad por el método gravimétrico (24 horas a 105 °C) Pila 8.</i>	
<i>Realizado por el laboratorio de análisis químicos suelos y foliares UTP.</i>	<u>150</u>
<i>Tabla 81 Resultados del análisis de humedad por el método gravimétrico (24 horas a 105 °C) Pila 9.</i>	
<i>Realizado por el laboratorio de análisis químicos suelos y foliares UTP.</i>	<u>150</u>

Resumen

En Risaralda se producen cerca de 15.000 toneladas de basuras al mes, de las cuales en teoría, el 100% se dispone en el relleno sanitario, sin embargo se ha evidenciado en algunas investigaciones y trabajos de campo, que el 2% de este total (300 ton.) se vierten a ríos y quebradas (Ramírez F., 2015). Pereira, Dosquebradas, Santa Rosa de Cabal y la Virginia generan casi el 95% de residuos domésticos producidos en Risaralda. Desde este panorama es posible comprender que deben generarse otras alternativas para el manejo de los residuos y las basuras en el departamento, con la finalidad de propiciar espacios sanos, al mismo tiempo que se genera una cultura de la reutilización, el reciclaje y el reconocimiento del costo-beneficio de procesos ecológicos como el compostaje.

El presente documento tiene como objetivo principal evaluar el potencial de aprovechamiento por procesos de compostaje de los residuos sólidos orgánicos de los restaurantes escolares de doce (12) instituciones educativas del casco urbano del municipio de Santa Rosa de Cabal, para lograrlo se hizo uso del enfoque ambientalista. A través de los resultados de esta intervención fue posible la reproducción metodológica en otros escenarios, proyectándose como una bola de nieve que aumente e impacte el contacto social directo hacia el reconocimiento de los residuos sólidos como insumos para la construcción de un medio ambiente renovado y auto-sostenible.

Palabras clave: Residuos sólidos, Cocidos, Crudos, Compostaje, Relleno sanitario.

Abstract

In Risaralda, about 15,000 tonnes of wastes are produced per month, which 100% is theoretically disposed at the landfill. However, in some investigations and fieldwork, 2% of this total wastes (300 tons) are discharged into rivers and streams (Ramírez F, 2015). Pereira, Dosquebradas, Santa Rosa de Cabal and La Virginia generate almost 95% of domestic waste produced in Risaralda. From this perspective, it is possible to understand that other alternatives should be used for the management of solid wastes in the department, in order to promote healthy spaces, while generating a culture of reuse, recycling and recognition of the cost-benefit of ecological processes such as composting.

The present document has as main objective to evaluate the potential of composting of organic solid waste from school restaurants of twelve (12) educational institutions in the urban area of the municipality of Santa Rosa de Cabal, to achieve this purpose was used an environmental focus. Through the results of this intervention, methodological reproduction was possible in other scenarios, projecting itself as a snowball that increases and impacts direct social contact towards the recognition of solid waste as inputs for the construction of a renewed and self-sustaining environment - sustainable.

Key words: Solid waste, Cooked, Crude, Composting, Landfill.

Introducción

En Risaralda se producen cerca de 15.000 toneladas de basuras al mes, de las cuales en teoría, el 100 % se dispone en el relleno sanitario, sin embargo se ha evidenciado en algunas investigaciones y trabajos de campo, que el 2 % de este total (300 ton.) se vierten a ríos y quebradas (Ramírez, 2015) . Pereira, Dosquebradas, Santa Rosa de Cabal y la Virginia generan casi el 95% de residuos domésticos producidos en Risaralda (CARDER 2008), siendo éste un porcentaje importante y teniendo en cuenta que el departamento tiene catorce (14) Municipios y casi todos disponen del relleno sanitario “La Glorita”, por lo que la contaminación ambiental por residuos sólidos, es fácil de evidenciar y se contrapone con una visión desarrollista del Santa Rosa u otros municipios de Risaralda.

El Municipio de Santa Rosa tiene en su capacidad geográfica un potencial de desarrollo significativo, “Sus dotaciones iniciales en términos de localización, temperatura, precipitaciones y calidad del suelo marcaron a Santa Rosa, no solo por su histórica importancia en la economía cafetera, sino por la dinámica productiva de sectores importantes como el de los servicios, el turismo y la agricultura” (Gustavo Pérez *et al*, 2014).

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, es importante reconocer que Risaralda viene presentando bajos índices en el crecimiento de su economía y alza en el desempleo en los últimos años (Cepeda, 2013) el municipio de Santa Rosa se encuentra en un momento determinante para establecer mecanismos alternativos de activación económica asociados con prevención y dinámica proteccionista del medio ambiente, que les permita a los habitantes, llevar a cabo acciones específicas en contra de la pobreza mientras se aprovechan las riquezas en términos climatológicos, geo-espaciales, de medio ambiente, entre otras. La generación de compostaje es únicamente una propuesta inicial que pretende contribuir a una cultura proteccionista al mismo tiempo que se comprendería como una posibilidad de generar ingresos, sin embargo, está claro que existen elementos propios, de la misma cultura, que deben

reacomodarse partiendo de la educación y la repetición de comportamientos para que se instauren y se conviertan en una opción real de vida a mediano y largo plazo.

Desde la comprensión de Sandra Pérez (2012) “recuperar la ancestral cultura de compostar la fracción orgánica de residuos en el propio hogar donde se genera, devolviendo la mirada a la tierra para encontrar en ella viejas soluciones, en lugar de agotarla y contaminarla, reduciendo más de la mitad el peso del residuo a disponer” se trata entonces de un ejercicio cultural, no solamente, para que se produzca la acción de compostar en el hogar, también, para que se promueva el ejercicio de compra y el compost sea un proceso rentable en términos empresariales.

El presente proyecto debe ser comprendido como un acercamiento educativo, cultural y social, a la producción de compostaje como alternativa proteccionista y de generación de ingresos/ reducción de costos, para el municipio de Santa Rosa de Cabal. Con este fin se estableció como objetivo fundamental evaluar el potencial de aprovechamiento por procesos de compostaje de los residuos sólidos orgánicos de los restaurantes escolares de doce (12) instituciones educativas del casco urbano del municipio de Santa Rosa de Cabal. Para cumplir con dicho objetivo se optó por una investigación de corte ambientalista, descriptiva y evaluativa. El proceso se llevó a cabo durante cinco fases, desde la recolección de los residuos cocidos y crudos, en doce colegios de Santa Rosa, hasta el análisis de estudios económicos sobre la viabilidad de la realización de la composta para reducción de costos de manejo de residuos en el relleno sanitario, además del costo ambiental que significa.

El presente documento está dividido en seis secciones. En la primera se describe el problema de investigación, dando claridad a la producción de basura y el proceso de contaminación ambiental que se produce con el relleno sanitario. En la segunda se establecen el objetivo general y específico del proyecto. En la tercera se describe la justificación de la realización de composta en términos conceptuales que ponen al medio ambiente como eje central de motivación. En la cuarta, se aclaran los marcos de referencia, especificando el marco geográfico, el marco normativo, el marco conceptual

y finalmente el marco teórico. En la quinta sección, se da a conocer la metodología del proyecto aclarando el tipo y el diseño de la investigación, finalmente, en la sección seis se dan a conocer los resultados del proyecto que dejan ver que la calidad del compostaje tiene una relación directa con la intención que se tiene con el mismo. El producto resultante de este ejercicio tiene los estándares de calidad necesarios según el Plan Integral de Residuos Sólidos y el análisis financiero y económico sugiere, que tras una capacitación, educación y formación de la sociedad sobre el uso de compostaje de manera frecuente podría suceder una demanda adecuada que justifique la inversión.

1. Problema de investigación

1.1 Planteamiento.

Con la intención de transmitir la dimensión que tiene esta problemática se puede citar a Silvia María Puerta Echeverry en su documento *Los residuos sólidos Municipales como acondicionadores de suelos*: “A nivel mundial, los residuos sólidos han ocasionado impactos ambientales negativos por su disposición incorrecta y porque cada día aumentan, asociados al incremento de la población humana, los procesos de transformación industrial, agroalimentarios y a los hábitos de consumo de las personas” (Puerta, 2004). Es decir, desde un punto de vista generalizado se trata de una problemática de impacto mundial, de contaminación y deterioro del medio ambiente, centrado básicamente, en el manejo inadecuado o inexistente de los residuos sólidos, los cuales pueden también comprenderse, desde su proceso de transformación, como reutilizables, con el propósito de aportar a un medio ambiente sustentable.

En Risaralda se producen cerca de 15.000 toneladas de basuras al mes, de las cuales en teoría, el 100 % se dispone en el relleno sanitario, sin embargo se ha evidenciado en algunas investigaciones y trabajos de campo, que el 2 % de este total (300 ton.) se vierten a ríos y quebradas (Ramírez, 2004) . Pereira, Dosquebradas, Santa Rosa de Cabal y la Virginia generan casi el 95% de residuos domésticos producidos en Risaralda (CARDER, 2008), siendo éste un porcentaje importante y teniendo en cuenta que el departamento tiene catorce (14) Municipios y casi todos disponen del relleno sanitario “La Glorita”. Una fracción entre el 2 y 5% se escapa de las rutas de recolección y van a quebradas y lotes baldíos según el Plan de Gestión Ambiental Regional del año 2013 donde, una vez los residuos sólidos llegan a los ríos o quebradas inician el proceso de descomposición produciendo gases tipo invernadero como el metano, el óxido nitroso y el dióxido de carbono los cuales se estima por parte de la Revista Renovables Verdes (2012, Vol. 2) puede permanecer hasta quinientos años en la atmósfera.

Los 14 municipios de Risaralda cuentan con su respectivo Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos aprobados y en proceso de implementación, siendo éste un conjunto ordenado de objetivos, metas, programas, proyectos y actividades, definidos por el ente territorial para la prestación del servicio de aseo, acorde con los lineamientos establecidos en los Planes y/o Esquemas de Ordenamiento Territorial y basado en la política de Gestión Integral de Residuos Sólidos, que se basa en un diagnóstico inicial. Sin embargo la contaminación de ríos y quebradas, las afectaciones en la salud pública y el creciente efecto sobre el medio ambiente son una voz de alerta que deja ver la necesidad de aumentar los esfuerzos y proponer planes de acción que involucren a toda la comunidad, como un engranaje sectorizado hacia el mismo objetivo, hacer uso adecuado de los residuos y potencializarlos en pro del medio ambiente.

Según el informe sobre manejo de residuos y basuras en Santa Rosa de Cabal se generaron en el año 2013, 10.677 toneladas de basura, lo cual representa una producción de 0,492 kilogramos por habitante al día (Cámara de comercio, 2013).

Se consideran los residuos sólidos producidos por los restaurantes escolares, según datos concretos de la Cámara de Comercio de Santa Rosa de Cabal, aquellos que “generan un aporte considerable a las 10.677 toneladas de basura producidos anualmente en el municipio de Santa Rosa de Cabal” (Hurtado, 2014) . En este orden de ideas, la inexistencia de métodos y programas (o la ineficacia de los existentes) que garanticen un adecuado tratamiento de estos residuos, teniendo en cuenta etapas como generación, separación en la fuente, almacenamiento y aprovechamiento, se constituye como causa fundamental de riesgos ambientales, económicos, sociales y a la salud como contraer enfermedades generadas por los vectores que viven en los residuos orgánicos e inorgánicos al interior de las diferentes instituciones educativas, incrementa los gases de efecto invernadero, sobrepasa la capacidad de carga de los rellenos sanitarios, rebasa la capacidad de carga de los ecosistemas, incremento en costos por disposición final y afecta la estética del paisaje, al mismo tiempo que se pierde la oportunidad de darle un valor agregado a los residuos, sin considerarse lo que

sucede en la disposición final, botaderos a cielo abierto, quemas indiscriminadas, rellenos sanitarios, disposición en fuentes de agua, entre otros.

Reconociendo esta problemática, se prioriza la implementación de diferentes estrategias y actividades acordes con la norma (CONPES 3530, DECRETO 838 de 2005, DECRETO 2981 de 2013, ACUERDO 344 DE 2008) que ayuden al adecuado tratamiento, aprovechamiento, y disminución de las 15000 toneladas/mes de basuras que llegan al relleno Sanitario la Glorita, aportándole al municipio de Santa Rosa de Cabal en la reducción de sus costos por disposición final de sus residuos. (Ramírez, 2011). Para lograrlo, se proponen prácticas ambientales de preservación como los procesos reciclables de compostaje con el fin de obtener abono orgánico como producto final y el enriquecimiento ecológico como beneficio fundamental.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general.

2.1.1 Evaluar el potencial de aprovechamiento por procesos de compostaje de los residuos sólidos orgánicos de los restaurantes escolares de doce (12) instituciones educativas del casco urbano del municipio de Santa Rosa de Cabal.

2.2 Objetivos específicos.

2.2.1 Caracterizar los residuos sólidos orgánicos generados por la comunidad educativa y restaurantes escolares al interior de doce (12) centros educativos de Santa Rosa de Cabal.

2.2.2 Estimar la eficiencia de aprovechamiento del compostaje para el tratamiento de residuos sólidos orgánicos crudos y cocinados.

2.2.3 Realizar el análisis de viabilidad económica en cuanto al aprovechamiento y la disposición final de los residuos orgánicos en el relleno Sanitario la Glorita ubicado en la ciudad de Pereira.

3. Justificación.

La contaminación ambiental y las actividades que realiza el ser humano parecen ser dos elementos directamente vinculados, es así como existe contaminación ambiental desde que existe el ser humano. Sin embargo, en los últimos años la preocupación sobre los efectos de la contaminación en el medio ambiente, se ha materializado en hechos determinantes sobre la salud, el clima y los ecosistemas. El planeta está pasando por un momento definitivo, donde las acciones de cambio y transformación de los recursos pueden significar tomar las riendas para frenar la destrucción o ejercer acciones retrospectivas que aminoren de alguna manera el daño ya provocado (Centro de análisis de programas sanitarios, 2015).

Es así como: “La composición física de los residuos sólidos urbanos en nuestro país está constituida en más del 50% por residuos orgánicos; es por esto que con el aprovechamiento de los mismos se disminuirá en gran medida la presión sobre el medio ambiente como soporte de actividades antrópicas, se reincorporarán los nutrientes al ciclo de fertilización del suelo y se frenará el uso de agroquímicos” (Vargas, 2011). Un proyecto como el presente se justifica inicialmente desde un proceso de concientización que vincula la contaminación del medio ambiente y el comportamiento expansivo e intrusivo del ser humano dejando entender, que es esta misma acción del hombre enfocada hacia estrategias de conversión de los recursos la que puede detener el efecto destructivo que se ha activado con años y años de abuso.

Partiendo de la idea que los efectos en la salud, en el clima y en el medio ambiente son suficientes para generar un afán ambientalista que movilice hacia comportamientos de cambio y compromiso desde el individuo, el grupo y la institución, esta propuesta también se justifica como experiencia de movilización. A través de los resultados de esta intervención sería posible la reproducción metodológica en otros escenarios, proyectándose como una bola de nieve que aumente e impacte el contacto social directo hacia el reconocimiento de los residuos sólidos como insumos para la construcción de un medio ambiente renovado y auto-sostenible.

La novedad de la propuesta está enfocada directamente en la adhesión de los restaurantes escolares como categoría de análisis central y como centros de acción concreta, es decir, cuando el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) crea el Programa de Alimentación Escolar (PAE) a nivel nacional, y éste a su vez se deriva en los proyectos de restaurante escolar que se ejecutan en la mayoría de los departamentos y municipios de la nación, paso por alto considerar, el impacto ambiental del programa en términos de residuos sólidos. Teniendo en cuenta, que se trata de una estrategia que mitiga el hambre de miles de niños y niñas del país, la posibilidad de establecer un círculo productivo de gestión del residuo sólido orgánico a través del aprovechamiento por procesos de compostaje, es un sinónimo innegable de buenas prácticas y buenos resultados.

La puesta en marcha de un proceso de intervención como el que acá se propone, es una pieza fundamental para que el engranaje que llevará al país a la recuperación del medio ambiente, la salud pública y la estabilización del aspecto climatológico desde el equilibrio natural, se ponga en marcha, se trata de un ejercicio al que deben sumarse muchos otros, con el fin de generar un impacto real y transformador en la problemática del país.

4. Marco de referencia.

Para el desarrollo de la presente propuesta se tendrán en cuenta elementos de referencia como el marco geográfico, que pretende un acercamiento al espacio físico municipal dentro del cual se ejecutará la propuesta. El marco normativo con el fin de dar una estructura legal que pueda avalar dicha ejecución y finalmente el marco conceptual que establece las categorías de análisis fundamentales y la interrelación entre ellas.

4.1 Marco geográfico.

El marco geográfico de la propuesta será desarrollado en el Municipio de Santa Rosa de Cabal, exactamente el casco urbano. Este Municipio “Conocido como la ciudad de las Araucarias está localizado en el flanco occidental de la cordillera central, entre alturas que van desde los 4.600 metros sobre el nivel del mar en el nevado de Santa Isabel hasta los 1400 en la vereda Las Mangas. Esta diferencia de alturas ha contribuido a la presencia de diversidad de recursos en su flora, su fauna, climas, geo formas y suelos”. (Gobernación de Risaralda, 2007).

Santa Rosa limita por el norte con Chinchiná y Villa María, por el sur con Pereira y Dosquebradas, por el oriente con el Departamento del Tolima y por el Occidente con Marsella y Dosquebradas. Santa Rosa ha venido demostrando un desarrollo urbanístico, económico y social que es promovido por la activación del sector turístico, pues en este Municipio están ubicadas las aguas termales, fincas de recreación y una diversidad amplia en sitios de encuentro, muchos de ellos de reconocimiento internacional.

En la Figura 1 puede evidenciarse la ubicación del Municipio de Santa Rosa de Cabal dentro del mapa de Risaralda dejando ver los límites antes mencionados:



Figura 1 Ubicación de Santa Rosa de Cabal. Tomado de Gobernación de Risaralda

Hacen parte del Municipio los Corregimientos de El Sur, El Español, El Lembo, El Manzanillo, Guacas, Los Nevados y Santa Bárbara; y las inspecciones de policía rural Cedralito, Las Mangas, La Estrella, La Capilla, El Manzanillo, El Guamal-La María, Santa Bárbara y Santa Rita (Gobernación de Risaralda, 2007). Esta situación deja ver el tamaño del Municipio y dimensionar el espacio urbano y rural en relación al número de habitantes, un promedio de 132 habitantes por Kilómetro Cuadrado según informe de la Alcaldía de Santa Rosa en el año 2005.

Según el Proceso de Planificación Ambiental del Territorio del Departamento de Risaralda realizado por la CARDER (2010), el municipio pertenece a la subregión uno, que con Pereira, Dosquebradas y Marsella tienen características similares en lo relacionado a lo biofísico, socioeconómico y cultural. Con una concentración de población, procesos económicos y sociales de significancia para el Departamento. Desde el punto de vista Climatológico la circulación de la atmósfera en el trópico define dos períodos lluviosos al año con precipitaciones en abril-mayo y octubre-noviembre y con mínimos en junio y julio, por las características del relieve.

En la Figura N° 2 se puede apreciar, con información de 12 estaciones climatológicas, la precipitación media mensual multianual del municipio, donde se observa claramente dicha distribución.

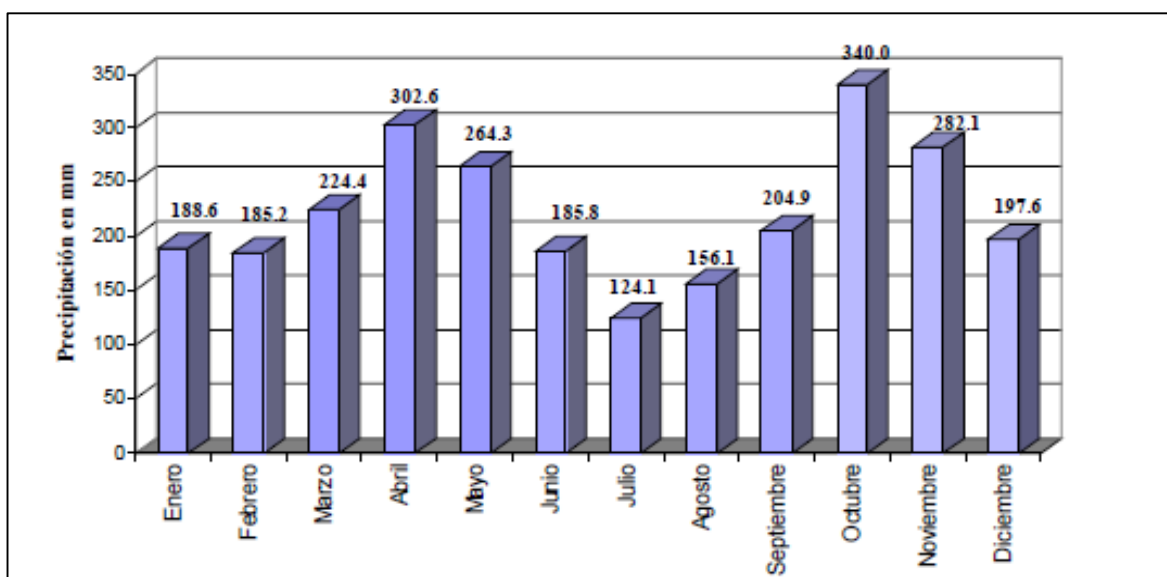


Figura 2 Distribución climatológica Santa Rosa de Cabal. Tomado de: Empocabal.

La realidad climatológica que se describe como propia de Santa Rosa de Cabal tiene una relación directa con el perfil epidemiológico del Municipio ya que “por grupos etáreos¹ se aprecia que en la población menor de 10 años hay mayor incidencia de

¹ Etáreo: se refiere a la edad, grupo etáreo = agrupación de la población por edades. Diccionario Larousse 2007

enfermedades del tracto respiratorio relacionado con los cambios de clima, así mismo, son importantes las enfermedades de etiología viral. En la población mayor de 50 años surgen complicaciones y secuelas de enfermedades crónicas, vuelven a aparecer también los problemas respiratorios de tipo obstructivo debido a factores de contaminación ambiental” (Alcaldía Santa Rosa de Cabal, 2011).

4.2 Marco Normativo.

La ley 99 de 1993, crea el Ministerio de Ambiente, el SINA y establece las políticas que reordenan el sector ambiental en el territorio nacional, en tal sentido es función de las autoridades ambientales regionales, otorgar los permisos, autorizaciones y licencias ambientales exigidas por sus decretos y normas para aquellas actividades u obras que puedan afectar el medio ambiente. A continuación se especifica la normatividad que va dirigida a los residuos sólidos en Colombia (ver Tabla 1).

Tabla 1: Marco normativo

POLÍTICAS Y DOCUMENTOS CONPES	
Política para la Gestión Integral de Residuos. 1998. Política de Gestión Ambiental Urbana. 2008. Política Nacional de Producción y Consumo. 2010.	
CONPES 3031	Plan para el sector de agua potable y saneamiento básico
CONPES 3530	Lineamientos y estrategias para fortalecer el servicio público de aseo en el marco de la gestión integral de residuos sólidos
RESIDUOS SÓLIDOS – GENERALES	
Resolución 0754 del 25 de noviembre de 2014	Por la cual se adopta la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos.
Decreto 2981 de 2013 El cual deroga los Decretos 1713 de 2002, 1140 de 2003 y 1505 de 2003 y el Capítulo I del Título IV del Decreto 605 de 1996	Establece el Programa para la Prestación del Servicio de Aseo y ajusta las actividades del servicio público de aseo en (1) la Recolección, (2) el Transporte, (3) el Barrido, limpieza de vías y áreas públicas, (4) Corte de césped, poda de árboles en las vías y áreas públicas, (5) Transferencia, (6) Tratamiento, (7) Aprovechamiento, (8) Disposición final, y (9) Lavado de áreas públicas.

DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	
Acuerdo Metropolitano 04 del 26 de febrero del 2006.	Por medio de la cual se adopta el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Regional
Decreto 838 de 2005	Establece los procedimientos para la planeación, construcción y operación de los sistemas de disposición final de residuos, con tecnología de relleno sanitario, como actividad complementaria del servicio público de aseo. Estableció la relación con el ordenamiento territorial para definir las áreas factibles para la ubicación de rellenos sanitarios, los criterios, metodología y restricciones específicos para identificar y evaluar dichas áreas; así como determina los instrumentos de control y monitoreo técnicos para la operación de los rellenos sanitarios.
Resolución 1390 del 2005. Resoluciones 1684 de 2008, 1822 de 2009, 1529 de 2010. Resolución 1890 de 2011	Establece directrices y pautas para el cierre, clausura y restauración o transformación técnica a rellenos sanitarios y se fortalecen medidas de control sobre formas no adecuadas de disposición final.
Decreto 2436 de 2008	Promueve la regionalización de los rellenos sanitarios y determino que las autoridades ambientales, las personas prestadoras del servicio público de aseo y de la actividad complementaria de disposición final de residuos sólidos o las entidades territoriales, según el caso, no podrán imponer restricciones injustificadas para el acceso a los rellenos sanitarios y/o estaciones de transferencia de residuos sólidos.
Norma Técnica Colombiana NTC 5167. Fertilizantes o abonos orgánicos, orgánico minerales. Fertilizantes o abonos orgánicos	Por la cual se establecen los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben ser sometidos los productos para la industria agrícola, productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas de suelo. Reglamenta los límites actuales para el uso de materiales orgánicos, los parámetros físico químicos de los análisis de las muestras de materia orgánica, los límites máximos de metales y enuncia parámetros para los análisis microbiológicos.
SERVICIOS PÚBLICOS DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO	
Ley 142 de 1994 y sus modificatorias	Por la cual se establece la regulación de los servicios públicos domiciliarios y sus modificatorias en especial la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001.
Decreto 891 de 2002	Por medio del cual se reglamenta el artículo 9 de la Ley 632 de 2000 sobre los esquemas de prestación del servicio público domiciliario de aseo
Decreto 2436 de 2008	Por el cual se reglamenta parcialmente el artículo 101 de la Ley 1151 de 2007.
Resolución 120 de 2000 – CRA.	Por la cual se reglamenta la realización de aforos de residuos sólidos a los usuarios grandes productores por parte de las entidades prestadoras del servicio público domiciliario ordinario de aseo.
Resolución 1291 de	Por la que se establecen los términos de referencia para la elaboración

2006. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.	del diagnóstico ambiental de alternativas – DAA para la construcción y operación de rellenos sanitarios.
ORDENAMIENTO TERRITORIAL	
Ley 388 de 1997 y sus modificaciones	Entre otros aspectos, establece la evaluación de la factibilidad económica, social y ambiental de un área geográfica específica para que se convierta en un predio para la disposición final en rellenos sanitarios.
Decreto 3600 de 2007 modificado por el Decreto 4066 de 2008	Por el cual se reglamentan las disposiciones de las Leyes 99 de 1993 y 388 de 1997 relativas a las determinantes de ordenamiento del suelo rural y al desarrollo de actuaciones urbanísticas de parcelación y edificación en este tipo de suelo y se adoptan otras disposiciones.
SANCIONATORIO Y LICENCIAMIENTO AMBIENTAL	
Resolución 1274 de 2006:	Establece pautas específicas para desarrollar Evaluaciones de Impacto Ambiental, describe los procesos de mitigación y define las estrategias para la compensación social.
Ley 1259/2009	El Comparendo Ambiental controla a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros mediante sanciones pedagógicas y económicas a todas aquellas personas naturales o jurídicas que infrinjan la normatividad existente en materia de residuos sólidos; así como fomentar las buenas prácticas ambientalistas.
Ley 1333 de 2009	Establece el nuevo régimen sancionatorio ambiental: <ul style="list-style-type: none"> • Se incorporan los Principios Ambientales y Constitucionales. • Establece un Régimen de responsabilidad objetiva. • El daño ambiental se califica como infracción ambiental. • Define la función de las medidas preventivas y regula el régimen de las sanciones. • Establece los tipos de sanciones. Se crea el Registro Único de Infractores Ambientales-RUIA.
Decreto 2820 de 2010 derogado por el artículo 53. Decreto Nacional 2041 de 2014.	Especifica los proyectos y actividades que requieren de Licencia Ambiental y establece las competencias entre la Autoridades de orden Nacional o Regional. Establece trámites y procedimientos. Define el contenido de los estudios de evaluación de alternativas-EEA, del estudio de Impacto Ambiental-EIA y las condiciones de los Planes de Manejo Ambiental.
COMPOSTAJE	
Decreto 1505 de 2003	Aprovechamiento en el marco de la Gestión Integral de Residuos Sólidos. Es el proceso mediante el cual, a través de un manejo integral de los residuos sólidos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales, sociales y/o económicos.

4.3 Marco conceptual.

Los conceptos fundamentales dentro de los que se enmarca la presente propuesta son; aprovechamiento, residuos sólidos, compostaje, restaurante escolar, cada uno de ellos será desarrollado a continuación.

4.3.1 Los Restaurantes Escolares: A través del decreto 2936 de 1949, mediante el cual se organizan los restaurantes escolares en Colombia se trata de cumplir objetivos concretos como la realización, en armonía, de las labores escolares por parte de los niños y niñas a través de la satisfacción de necesidades básicas como la alimentación, necesidad que muchas de las familias no pueden suplir. Al mismo tiempo que se generan espacios de formación social, salud, cultura y nutrición haciendo uso de zonas comunitarias de alimentación ubicados en escuelas y colegios de todo el país.

En términos de la Cooperación Técnica alemana (2010):

“La atención nutricional a los escolares en el sector público se inició en Colombia en 1941, con la expedición del Decreto No. 319 del 15 de febrero de 1941, por el cual el gobierno fijó las pautas para la asignación de aportes de la Nación destinados a la dotación y funcionamiento de los restaurantes escolares en el País, bajo la responsabilidad del Ministerio de Educación Nacional. Posteriormente, en 1968 se creó el ICBF, el cual asumió las funciones del Instituto Nacional de Nutrición, entre las cuales se encontraba la ejecución del Proyecto de Protección Nutricional y Educación Alimentaria en Escuelas Oficiales de Educación Primaria”.

Desde el punto de vista teórico los restaurantes escolares fueron pensados, además de un espacio para la alimentación sana que provee el Gobierno Colombino, como una estrategia educativa para que los niños y niñas pudieran establecer la relación entre la salud y la alimentación; más importante aún, una estrategia para erradicar la deserción escolar por situaciones asociadas con falta de alimentación en los hogares. “Si bien el

aprendizaje escolar es un proceso complejo en el que inciden múltiples factores, la alimentación escolar es una estrategia que ha demostrado ser efectiva para promover la incorporación y permanencia de los estudiantes y de la comunidad en general en la vida de la escuela, en los programas de salud y nutrición y para promover el cambio social” (Ministerio de educación nacional, 2011)

Aunque la realización de un programa como Restaurantes Escolares tiene un sustento jurídico claro desde el derecho a la alimentación y un marco normativo, para el traslado, almacenamiento y entrega de los alimentos a los niños, no aparece estipulado dentro de la norma cual sería el manejo con los residuos sólidos que deja el proceso, sobre todo, si se tiene en cuenta que no todos los niños y niñas hacen el consumo total de lo que se les entrega. Desde la postura del Ministerio de Educación Nacional(2011): Para cumplir con el aporte de energía y nutrientes definidos y organizar la ración preparada en el sitio y la ración industrializada lista que se suministran, se ha planificado la alimentación mediante el establecimiento de una Minuta Patrón Nacional, Este patrón establece la distribución por tiempo de consumo, los grupos de alimentos, las cantidades en crudo (peso bruto y peso neto), porción en servido, la frecuencia de oferta semanal y el aporte y adecuación nutricional de energía y nutrientes establecidos para cada grupo de edad. Su aplicación se complementa con la elaboración y cumplimiento del ciclo de menús, de acuerdo al tiempo de consumo y tipo de preparación.

4.3.2 Residuos Sólidos.

Los residuos sólidos están clasificados en función de la actividad en que son producidos, pueden ser agropecuarios, forestales, mineros, industriales y urbanos. “Los Residuos sólidos urbanos (RSU): Son aquellos que se generan en los espacios urbanizados, como consecuencia de las actividades de consumo y gestión de actividades domésticas (viviendas), servicios (hostelería, hospitales, oficinas, mercados, etc.) y papeleras y residuos viarios de pequeño y gran tamaño” (Escalante, 2014).

Gracias al Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos en las instituciones educativas se ha tratado de implementar un proceso de manejo de residuos sólidos desde la fuente, con la ubicación de recipientes para su separación, la concientización de los alumnos a través de la creación de grupos ambientalistas y de gestión del medio ambiente como tal, además del compromiso de las instituciones con el tema.

Los residuos sólidos de alimentos que se registran de los Restaurantes Escolares genera un aporte de aproximadamente 1927 toneladas de basura por día en el Municipio de Santa Rosa de Cabal (Alcaldía, 2013), según informe realizado por la Alcaldía del Municipio, una cantidad significativa si se tiene en cuenta que el país completo produce 21800 toneladas por día de residuos sólidos de alimentos. Si bien las autoridades Municipales refieren un adecuado manejo de los residuos sólidos, refiriéndose al uso de los rellenos sanitarios por Municipio, es evidente que muchos residuos no alcanzan a llegar a él, convirtiéndose en elementos contaminantes para ríos, quebradas, calles, alcantarillados, etc.

El 70% de los residuos sólidos son aprovechables, sin embargo solo el 10% es recuperado y aprovechado mediante compostaje y lombricultura (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2008). La tecnología para el aprovechamiento de los residuos sólidos para compostaje existe y es asequible pero es necesaria la generación de programas que activen y movilicen dichas tecnologías en los diferentes Departamentos. Según investigaciones desarrolladas por el grupo AQUAFORMAT de la Facultad de Medio Ambiente de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (2011), no existen plantas de aprovechamiento de residuos orgánicos en algunos Departamentos del País, como Bolívar. Hay otros como Antioquia y Santander que reportan 37.335 toneladas/año y 16.185.880 toneladas/año respectivamente, de material aprovechado. En Risaralda el reporte de residuos reutilizados es de 404 toneladas año. (Sistema Unico de Información de Servicios Publicos , 2012)

Cuando se habla de compostaje, es necesario tener en cuenta también que no solo se trata del aprovechamiento de los residuos sólidos, se debe tener en cuenta la calidad del producto final. Es necesario que el producto se encuentre estabilizado, proceso que se determina el grado de descomposición biológica exacto que necesita para garantizar efectos favorables al suelo (Castello, 2011). Es necesario también que la estrategia de aprovechamiento de los residuos sólidos que se usa, dependa, en última instancia de los objetivos que se pretendan cumplir con el producto terminado, es decir, desde la separación en el origen, hasta la producción final, se convierten en procesos controlados exclusivamente para cumplir el fin último que se proponga con el producto.

Es claro que el aprovechamiento de los residuos sólidos no se comprende entonces como un concepto aislado al de un escenario de transformación, partiendo de estrategias educativas para la concientización, esta concientización es el inicio para el desarrollo de programas que proyecten las inversiones municipales, departamentales y nacionales hacia la adecuación en infraestructura para hacer viables los procesos, optimizarlos y lograr un producto de calidad, que deje ver la posibilidad de transformar los residuos sólidos en fuentes de energía y fuentes de dinero, pero sobre todo, y más importante aún, reducir las toneladas de basura producida hacia toneladas de basura aprovechada. Situación que puede considerarse pilar fundamental para la recuperación ambiental del país y del mundo entero.

4.3.3 El compostaje.

Es “un proceso de reciclaje completo de la materia orgánica mediante el cual ésta es sometida a fermentación en estado sólido, controlada (aerobia) con el fin de obtener un producto estable, de características definidas y útil para la agricultura” (Henao y Zapata, 2008). Sin embargo el concepto puede ser más amplio, pues, son considerados materia orgánica elementos como estiércol animal, residuos de alimentos, frutas y jardín, que por el proceso de acción de los microorganismos descomponedores se transforman en abono orgánico. Pero el compostaje tiene el énfasis real en los beneficios que provee; Es un acondicionador y recuperador de

suelos que por su alto contenido orgánico, sirve como fuente de nutrición natural para las plantas, mantiene la humedad del suelo, permite el desarrollo de los microorganismos benéficos, que a su vez ayudan a prevenir las plagas y enfermedades de las raíces, mejora las propiedades físicas del suelo como textura, estructura y porosidad, es más económico, se puede producir fácilmente y aumenta la vida útil de los rellenos sanitarios.

El aprovechamiento del compost de residuos sólidos urbanos en la agricultura como enmienda del suelo y su valor agrícola procede del contenido en materia orgánica y elementos fertilizantes” (Puerta Echeverry, 2004). Un país como Colombia que según informes del DANE para el año 2009, genera un PIB 11,44% (DANE, 2012) debería considerar el abono orgánico como única opción para sus cultivos, sobre todo cuando puede hacerlo. “El compostaje de los residuos orgánicos se produce fácilmente con la presencia de los microorganismos apropiados, aireación adecuada, temperatura óptima, nutrientes necesarios, pH y humedad. Desde la perspectiva de Echeverry: los agricultores han utilizado este método para aprovechar los residuos vegetales desde comienzos del siglo XIX, como desarrollo a nivel industrial para solucionar los problemas de disposición final de origen orgánico, es así como Colombia tiene los recursos y la razón, es decir, los residuos sólidos que en alto porcentaje aportan a la contaminación de ríos y quebradas, pudiendo ser utilizados en beneficio del país.

Además de un ejercicio económico agrícola que podría beneficiarse enormemente del compostaje como producto de abono y optimización de la tierra. El proceso es sencillo, implica una inversión en infraestructura que seguramente está por debajo de la inversión que el país puede hacer en abonos artificiales o químicos, que paradójicamente, pueden no tener condiciones ecológicas y de sostenibilidad ambiental que está necesitando el mundo entero.

4.4 Marco teórico.

El marco teórico del proyecto establece la estructura normativa para la realización de la composta desde el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) en el marco de la actividad de aprovechamiento como parte constitutiva del proceso de Manejo Integral de Residuos Sólidos, adicional a esto, se hablarán de temas específicos en relación a la producción de composta, su proceso y características básicas como humedad, pH y tamizado, entre otras.

4.4.1 Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. RAS 2000.

El ministerio de desarrollo económico está encargado por el gobierno nacional para formular la política en materia social relacionada con la competitividad, integración y desarrollo de los sectores productivos del agua potable y saneamiento básico y expedir resoluciones, circulares y demás actos administrativos de carácter general o particular necesarios para el cumplimiento de sus funciones. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2000). En el cumplimiento de dicho encargo el ministerio generó el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico Ras 2000, documento que se encuentra dividido en tres secciones y ocho títulos, que contienen el reglamento técnico, los manuales de práctica de ingeniería para acueductos, potabilización, alcantarillados, tratamientos de aguas residuales, aseo urbano y complementarios de construcción de obras civiles, así como la normatividad técnica y jurídica.

En este reglamento, en la sección dos, título F se encuentran estipulados los sistemas de aseo urbanos, específicamente en el título F4 se mencionan “los criterios básicos y requerimientos que debe cumplir la actividad de aprovechamiento como parte constitutiva del proceso de Manejo Integral de Residuos Sólidos. Estas especificaciones corresponden a las mínimas consideraciones que deben tenerse en cuenta para que los métodos de aprovechamiento como la reutilización, el reciclaje, el compostaje y la recuperación de energía se realicen en forma óptima”. (Ras 2000)

Teniendo en cuenta que el compostaje como método de aprovechamiento tiene su esquema técnico y normativo específico y diferenciado entre compostaje aerobio y anaerobio, se reconoce como fundamental para la construcción del presente documento considerar elementos de composta aerobia, por tratarse del método utilizado para la transformación de residuos orgánicos durante el proyecto.

4.4.2 El compostaje aerobio.

El compostaje aerobio es el proceso biológico más frecuentemente utilizado para la conversión de la fracción orgánica de Residuos Sólidos y Líquidos a un material húmico estable conocido como compost. Las posibles aplicaciones del compostaje aero-bio incluyen: 1) residuos de jardín, 2) Residuos Sólidos Urbanos separados, 3) Residuos Sólidos Urbanos no seleccionados, y 4) compostaje conjunto con fangos de aguas residuales. (Navarro. 2012)

4.4.3 Etapas del procesamiento del compostaje.

El diseño de la planta de compostaje aerobio debe diferenciarse para cada una de las etapas de procesamiento de los residuos, compostación activa, maduración, post-procesamiento y mercadeo. Para ello deben adoptarse los criterios presentados a continuación:

- **Procesamiento de los desechos.**

Debe removerse del sistema, los residuos sólidos con características tóxicas o que generen mala apariencia visual, los cuales son:

-Elementos que aporten metales pesados como pilas gastadas, materiales férreos, baterías usadas.

-Residuos sólidos que aporten tóxicos orgánicos como aceites usados, insecticidas gastados, solventes orgánicos, etc.

-Residuos sólidos que generen mala apariencia visual como el plástico, vidrio, envases de aluminio. Sólo deben dejarse aquellos que puedan descomponerse biológicamente o materiales biodegradables (Jaramillo y Zapata, 2008).

Adicionalmente y en los casos especificados debe hacerse los siguientes ajustes:

- **Homogenización del material.**

Debe disminuirse los residuos sólidos de tamaño mayor a 5 cm, para mejorar la descomposición y mezcla.

Ajuste de la cantidad de nutrientes.

Debe ajustarse la cantidad de nutrientes cuando se compostan materiales como papel, hojas secas, residuos de poda, etc., si al verificarse previamente la relación carbono-nitrógeno se encuentra fuera del rango óptimo: 20/1 y 25/1 para compostaje aerobio. (Román *et al.* 2013)

- **Ajuste de pH.**

Deben verificarse los rangos del pH durante el proceso de compostaje con el fin de establecer si es necesario adicionar materiales para el control de este parámetro. Se recomienda los siguientes valores de pH en compostaje aerobio: pH inicial entre 5 y 7, para el material fermentado debe basarse en la curva pH-tiempo y para el resto del proceso el pH puede subir hasta 8 u 8.5 (RAS, 2000).

- **Ajuste de humedad.**

La humedad óptima para el compost se sitúa alrededor del 55%, aunque varía dependiendo del estado físico y tamaño de las partículas, así como del sistema

empleado para realizar el compostaje. Si la humedad baja por debajo de 45%, disminuye la actividad microbiana, sin dar tiempo a que se completen todas las fases de degradación, causando que el producto obtenido sea biológicamente inestable. Si la humedad es demasiado alta (>60%) el agua saturará los poros e interferirá la oxigenación del material (Román, Martínez, y Pantoja, 2013).

- **Descomposición y maduración.**

En el compostaje aerobio pueden desarrollarse las técnicas de compostaje en hileras, pilas estáticas y compostaje en reactor. En el compostaje en hileras los residuos sólidos deben ser preparados en pilas dentro de un campo al aire libre. Al alcanzar una temperatura de trabajo de 70°C, las hileras deben comenzar a voltearse una o dos veces por semana durante un periodo de compostaje de cuatro a cinco semanas, tiempo en el cual debe registrarse un descenso en la temperatura debido a la fermentación de los residuos. El material fermentado debe curarse por un periodo de 2 semanas a 8 semanas más, en hileras abiertas para asegurar su estabilización, la maduración puede hacerse utilizando la lombricultura, si este método se usa hay que controlar la presencia de sustancias tóxicas de tal forma que el compost no se contamine (RAS, 2000).

- **Control de olores.**

- a) Se debe prever y evaluar los impactos por olores.
- b) Deben considerarse sistemas de mitigación y control en caso de ser necesario.
- c) Deben existir áreas de amortiguamiento de olores de por lo menos 100 m a la edificación más cercana, a menos que se demuestre por medio de modelos de simulación, que no se generan impactos sobre la comunidad por este motivo. (RAS, 2000).

- **Tamizado.**

Debe hacerse un tamizado para mejorar la uniformidad y apariencia del compost y retirar cualquier contaminante que haya pasado el pre-procesamiento, tales como vidrio, metales, plástico, trapos, etc. (Román *et al.* 2013).

Tabla 2 Dióxido de carbono y estabilidad del compost. Fuente: Ras 2000-2012.

ESTABILIDAD DEL COMPOST SEGÚN LA COMPOSICION DEL DIOXIDO DE CARBONO		
TASA DE RESPIRACIÓN	CLASIFICACION	CARACTERISTICAS
< 2	Muy estable	Buen curado, no presenta malos olores, olor térrea
2-5	Estable	Compost curado, mínimo impacto en la dinámica del suelo
5-10	Moderadamente estable	Compost no curado, bajo potencial de mal olor, la adición del suelo puede inmovilizar el N; no es recomendable para utilizarse en el crecimiento de semillas.
10-20	Inestable	Compost muy inmaduro, alto potencial de mal olor y fitotoxicidad, no es recomendable para utilizarlo en el crecimiento de semillas
> 20	Muy Inestable	Material extremadamente inestable, potencial muy alto de mal olor y fitotoxicidad, no se recomienda su uso.

$$TASA DE RESPIRACIÓN: \frac{mgCO_2 - C}{g \text{ compost} - día}$$

- **Post-procesamiento y mercadeo.**

Entre las técnicas recomendadas están las siguientes:

- **Mezcla con fertilizantes.**

Entre las técnicas recomendadas para mejorar las condiciones de retención del compost está el mezclado de éste con fertilizantes, como piedra fosfórica y úrea para tener un verdadero valor fertilizante y mejorar las condiciones de retención de éstos (Ras, 2000).

- **Límites de concentraciones toxicas en el producto.**

El compost resultante de estos procesos debe cumplir con especificaciones como se especifica en la tabla 3.

Tabla 3: Concentraciones toxicas en el producto.
Tomado de: Román *et al.* 2013

Cadmio	18	Cobre	1200	Plomo	300	Arsénico	54	Cobalto	15
Cromo	1200	Níquel	180	Zinc	1800	Mercurio	5	Molibdeno	20
Selenio	14	PCB	1.9	Patógenos	<1000	Plástico	<3%		

- **Usos del producto.**

Puede utilizarse como acondicionador de suelos para agricultura, silvicultura, jardinería, producción de flores, control de erosión y restauración de la capa vegetal de tierras áridas. (Díaz, 2011)

4.4.4 Fundamentos teóricos del compostaje.

Los fundamentos teóricos del compostaje se consideran desde la propuesta de Ricardo Navarro (2012) en su manual para hacer composta aeróbica, donde se define el compost como lo que se produce cuando los materiales de origen vegetal o animal se biodegradan o pudren por la acción de millones de bacterias, hongos y otros micro organismos. Estos materiales de origen animal o vegetal se llaman orgánicos. La producción de compost se puede hacer en 2 formas: 1. Con microorganismos que

necesitan oxígeno donde el proceso se llama aeróbico. 2. Con microorganismos que necesitan que no haya oxígeno, el proceso es anaeróbico.

El autor considera que las condiciones requeridas para que el compostaje se produzca son:

- **Humedad.**

El agua es necesaria para facilitar que los nutrientes estén disponibles a los microbios y para que estos puedan realizar sus procesos reproductivos, metabólicos y asimilativos. Un contenido bajo de humedad inhibe la actividad microbiana, a medida se va alcanzando el límite inferior el proceso de descomposición se hace más lento, si se reduce a menos del 8% toda la actividad microbiana se detiene; por eso es que los alimentos secos y salados pasan mucho tiempo sin arruinarse. Si el contenido de humedad es muy alto, se evita que el oxígeno esté disponible para que los microbios puedan digerir los desechos y se genera mal olor. La humedad ideal para una pila de compostaje es entre el 40% y 60% por peso, al tacto el material debe sentirse húmedo pero no debe escurrir agua. Si la pila de compost está muy seca y los materiales no se mantienen unidos sino que se desintegran, hay que agregar agua o materiales húmedos, si la pila está muy húmeda, hay que agregarle materiales secos a la pila o darle vuelta con frecuencia para que se seque.

- **Temperatura.**

Cuando el material se está compostando pasa por un ciclo de temperaturas que es ocasionado por la actividad microbiológica. Al inicio la pila aumenta rápidamente la temperatura por el compostaje de los materiales que se degradan más fácilmente, se mantiene así por un corto tiempo y luego comienza a enfriarse. Al voltear la pila se facilita la entrada de aire, se traen al interior los materiales del exterior, y la pila se vuelve a calentar. Como se dijo antes es deseable alcanzar condiciones termofílicas (entre 40 y 93 °C) (Navarro, 2012), ya que se necesitan altas temperaturas para

destruir patógenos que pudiera encontrarse en la pila, ya que de lo contrario se podría producir compost infectado e infectar el lugar donde se vaya a colocar.

En operaciones de compostaje en gran escala se recomienda mantener temperaturas mayores de 55° C por más de 3 días para garantizar la destrucción de patógenos. Las pilas de compost hogareñas deben ser mayores de 1 m³ para poder alcanzar condiciones termofílicas.

- **Nutrientes.**

En relación a los nutrientes es necesario especificar que un crecimiento microbiano solo es posible con un balance de carbono y nitrógeno, debido a que los microbios hacen uso del carbono en su metabolismo convirtiendo una parte en bióxido de carbono y la otra la combinan con el nitrógeno para sus células, es así como, los ricos en nitrógeno son verdes y húmedos.

La relación óptima es de 19 a 30 partes de carbono por una de nitrógeno, cuando esta relación es mayor se retarda el compostaje y se genera un olor desagradable, pero si la relación es menor, los microorganismos se terminan el carbono y dejan ir el nitrógeno como amoníaco. Garantizar esta relación puede ser difícil en la práctica. Las relaciones de carbono nitrógeno para algunos desechos son las estipuladas en el siguiente cuadro (Román *et al.* 2013).

Tabla 4: Relación carbono/nitrógeno según material de la composta.
Tomado de: Román *et al.* 2013.

Aserrín	200-500	Cascaras de papa	25	Orina	0.8	Zacates	18
Excremento de	25	Sangre	3	Paja	128-150	Vegetales	11-12
Gallinaza	15	Excremento de	1.8	Gramma	12-15		

4.4.5 Proceso y parámetros de control.

- **Elección del área y nivelación.**

Esta elección se hace en función de: condiciones climáticas, distancia al área de producción de residuos, distancia al área donde se aplicará el compost final y la pendiente del terreno. Es preferible un área protegida de vientos fuertes, a prudente distancia de nacimientos de agua (más de 50 metros) para evitar contaminaciones, y de poca pendiente (< 4%) para evitar problemas de lixiviados y erosión. (Martínez *et al.*, 2013).

- **Picado del material.**

El material a compostar se pica manual o mecánicamente de preferencia en fragmentos de 10-15 cm. Se toma normalmente como unidad de tiempo la semana para amontonar material en una misma pila, antes que empiece la fase termofílica o de higienización, y así evitar la re-contaminación del material con material fresco.

Otro aspecto importante aquí es la mezcla de material para alcanzar una relación C/N adecuada. Según la Universidad de Cornell (1996), la fórmula a seguir es la fórmula de la relación Carbono/Nitrógeno (Navarro, 2012):

$$R = \frac{(Q_1 * (C_1 * (100 - M_1) + Q_2(C_2 * (100 - M_2) + Q_3(C_3 * (100 - m_3) + \dots))}{(Q_1 * (N_1 * (100 - M_1) + Q_2(N_2 * (100 - M_2) + Q_3(N_3 * (100 - m_3) + \dots))}$$

Siendo Q la cantidad de material a adicionar, C y N Carbono y Nitrógeno en peso, y M la humedad en peso del material. Para una cantidad Q1 (ejemplo: paja), se debe calcular qué cantidad de Q2 se necesita.

Tabla 5 Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos en Colombia

MATERIAL ORGÁNICO	COMPOSICIÓN		RELACIÓN C/N	HUMEDAD %	PESO (Kg)	N	C
	% CARBONO	% NITRÓGENO					
Porcinaza	40	3,1	13	80			
Papel periódico	40	0,1	400	5			
Residuos de comida	34,95	1,875	19	69	270	5,06	94,365
Pulpa de café	40	2	20	60			
Restos de fruta	56	1,4	40	80			
Cascaras de arroz	36	0,3	120	14			
Césped cortado	58	3,4	17	82			
Hojas verdes	49,8	3,1	16	70			
Hojas secas (hojarasca)	48,6	0,9	54	38			
Bobinaza	47,5	2,5	19	81			
Equinaza	48	1,6	30	72			
Estiércol de ovejo	43	2,6	17	67,5			
Gallinaza	45,5	7	7	68,5			
Aserrín	40	0,1	400	10	25	0,03	10
Viruta de madera	40	0,1	400	5			
Urea	0	46	-	0			
Pollinaza	26	2,3	11	50			
Material de rechazo	37,68	2,13	18	35	72	1,53	27,129 6
TOTAL					367	6,62	131,49

Para facilitar la tarea, se puede usar una tabla básica que indique los valores de C/N de los materiales más comúnmente usados, como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

En la tabla puede visualizarse que la relación carbono/nitrógeno tiene variaciones importantes que dependen del material que se utilice como base de realización de la composta, como el papel, los residuos de comida, de frutas o de vegetales, el aserrín o la gallinaza. La relación más alta de carbono la muestra la Porcinaza y la más baja, el papel periódico o la viruta de madera.

- **Ubicación del material en canastillas.**

Este proceso se realiza con la finalidad de hacer recolección del lixiviado y para evitar que el compost no tenga humedad extra durante la ubicación en el suelo.

- **Generación de Lixiviado.**

El lixiviado corresponde al agua que drena, por exceso de humedad del material, durante el proceso de compostaje. Este exceso de agua, sale del compost y puede colectarse. Contiene también nutrientes solubles y algunos microorganismos. Sin embargo, cuando el compost tiene exceso de agua, y aun está inmaduro, se generan zonas anaeróbicas, donde se producen compuestos como azúcares que pueden dar lugar a ácidos y otros compuestos que pueden resultar tóxicos para las plantas (fitotóxicos). Cuando el lixiviado procede de compost fresco, generalmente el líquido tiene aspecto oscuro, pH ácido y tiene mal olor. Estos contienen concentraciones importantes de nutrientes para el suelo tales como Nitrógeno, Fósforo, Potasio que son elementos esenciales para el desarrollo de las plantas también denominadas macronutrientes. (Ministerio de Agricultura, 2011)

Para evitar la formación de lixiviado que pueda generar afectaciones al agua potable debe mantenerse el contenido de humedad del material por debajo del contenido de humedad óptima del compostaje, es decir, por debajo de 50%. Para controlar el incremento en el contenido de humedad debe protegerse el material del contacto directo con la lluvia. El lixiviado debe recogerse, almacenarse y disponerse adecuadamente de modo que no alcance las aguas superficiales y/o subterráneas. El agua de escorrentía debe desviarse fuera del sitio mediante la construcción de diques, interceptarse, canalizarse y tratarse de ser necesario para asegurar una adecuada disposición (Román, Martínez, y Pantoja, 2013)

- **Ubicación del material en el suelo.**

La ubicación del material en el suelo se realiza con la seguridad que el compost ha logrado lixiviar en un alto porcentaje y los niveles de humedad son los adecuados.

- **Volteo.**

Normalmente, se hace un volteo semanal durante las 3 a 4 primeras semanas, y luego pasa a ser un volteo quincenal. Esto depende de las condiciones climáticas y de la humedad y aspecto del material que se está compostando. Se debe hacer un control de aspecto visual, olor y temperatura para decidir cuándo hacer el volteo (Sottile, 2016)

- **Comprobación que ha finalizado el compostaje.**

Para comprobar que el compost ha entrado en fase de maduración, el material, aun húmedo no aumenta de temperatura nuevamente a pesar de que se realice el volteo. Sin embargo, existen también otras pruebas que se realizan para comprobar esta fase:

1- Si se tiene acceso a un laboratorio se puede realizar una prueba de respiración o de auto-calentamiento. Si no hay esa posibilidad, se deben tomar varias muestras (mínimo 3 muestras) representativas del tamaño de la pila para analizar el aspecto y olor del material compostado. Debe estar oscuro, con olor a suelo húmedo, y cuando se realiza la prueba del puño, no debe mostrar exceso de humedad.

2- Se puede, además, hacer un cuarteo (división de la pila en 4 partes iguales) y tomar de cada cuarto 3 muestras de 100 gramos de material compostado, introducir las en bolsas plásticas y dejarlas por dos días en un lugar fresco y seco. Si al cabo de este tiempo, la bolsa aparece hinchada (llena de aire) y con condensación de humedad puede ser indicativo de que el proceso aún no ha finalizado (el compost esta inmaduro).

3- Otra técnica es la de introducir un machete o instrumento metálico de 50 cm hacia el centro la pila. Si al cabo de 10 minutos al retirar el machete se siente caliente (no se puede tocar porque quema), quiere decir que el material aún está en proceso de

descomposición. En estos casos, se debe dejar la pila para que continúe el proceso de compostaje. (Román, Martínez, y Pantoja, 2013)

- **Cernido o Tamizado.**

Con el compost maduro, se eliminan los elementos gruesos y los contaminantes, el tamaño que adopta el material es de 1,6 cm.

- **Datos técnicos.**

En las primeras 2 semanas, se da un alza en la temperatura, que de no ser controlada puede alcanzar hasta unos 90°C, quemando los materiales. Este incremento en la temperatura, es producto de la altísima actividad microbiológica que se da en la composta al quemar la energía de los azúcares en el proceso de respiración de los microorganismos. En esta etapa se presenta una población de microorganismos conocidos como termófilos, éstos pueden sobrevivir a altas temperaturas y su función es descomponer materia orgánica y romper lo más posible las cadenas de azúcares, aminoácidos y minerales para alimentarse. Es en esta etapa también donde se da el primer cambio de población de microorganismos, eliminándose entre otros, todos aquellos que se encuentran presentes en los abonos (Román *et al.* 2013).

- **Parámetros establecidos por la norma**

Tabla 6 Parámetro determinados por la norma. Fuente: RAS 2000

VALORES PERMISIBLES EN LA MATERIA ORGANICA ESTABILIZADA			
PARÁMETROS	VALORES DE REFERENCIA		
Mercurio (Hg)	0,4	17.0	57.0
Niquel (Ni)	25	420.0	420.0
Plomo (Pb)	45.0	500.0	840.0
Selenio (Se)	15.0	56.0	100.0
Zinc (Zn)	200.0	2800.0	7500.0
PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	Categoría A		Categoría B
Salmonella sp	ausente en 25 gramos de muestra de producto final (en base seca)		< 1.00 E(+s)UFC/g de muestra de producto final en base seca
Entero bacterias totales	< de 1.00 E(+s) NMP/g de producto final (en base seca)		
Huevos de helmintos	< 1 huevo de helminto viable/ 4 g de muestra de producto final en (base seca)		esencialmente no corrosivo
PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	Categoría A		Categoría B
Coliformes fecales			< 2.00 E (+6) UFC/g de muestra de producto final base seca.
Contenido de materiales inertes para las dos categorías	Tamaño de partícula		Valor de referencia (% en peso base seca)
plástico, metal , caucho	Tamaño> 2.0 mm		< 0.20
Vidrio	2.0 mm<tamaño<16.0mm		< 0.02
	Tamaño> 16.0 mm		Ausente
Piedras	Tamaño>5.0 mm		< 2.00
PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	CATEGORIA A		CATEGORIA B
Contenido de humedad	<= 20.0		<= 25
Contenido de cenizas	< 60.0		
Contenido de carbono orgánico oxidable total (%)	> 15.0		
Capacidad de intercambio catiónico (meq/100g)	> 50.0		> 20
Capacidad de retención de humedad (%)	> 100.0		>100
pH (unidades)	4.0 < pH < 9.0		
Densidad real (g/cm ³ Base seca)	< 0.6		
N total, P ₂ Y K ₂ O (%)	Declararlos si cada uno es > 1.0 %		

METALES PESADOS (mg/Kg base seca)	CATEGORIA A		CATERIA B
	USOS AGRICOLAS	USOS NO AGRICOLAS	
Arsénico (As)	15.0	140.0	75.5
Cadmio (Cd)	0.7	59.0	85.0
Cobre (Cu)	70.0	1.500,00	4.500,00
Cromo (Cr)	70.0	1.200,00	5.000,00

5. Metodología.

5.1 Campo de investigación.

El campo dentro del cual se desarrolla la investigación es de corte ambientalista, considerando esto último como la posibilidad de generar cambios desde la acción para el mejoramiento de la calidad de vida, en términos de salubridad y buen vivir para todos y todas, interviniendo directamente en el desarrollo sustentable del país a través del aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos de doce instituciones del Municipio de Santa Rosa de Cabal.

Tabla 7 Lista de Instituciones para la recolección de residuos.

Tomado de: Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, 2013.

Nº	INSTITUCIONES EDUCATIVAS	DIRECCIÓN	TOTAL ALMUERZO POR COLEGIO
1	CECILIA CABALLERO	Cra17 con Calle 17 esquina.	115
2	ANTONIA SANTOS – JUAN XIII	Cra12 con Calle 15 esquina.	108
3	ATANASIO GIRARDOT	Cra16 con Calle 19 esquina.	103
4	COLEGIO DE JESUS	Cra15 N° 12-71	136
5	EL AMPARO	Cra14 con Calle 11 esquina.	71
6	LA COLOMBIA	Cra11 bis N° 18-20	50
7	LA MILAGROSA	Cra10 con Calle 8 esquina.	80
8	OSPINA PEREZ	Cra14 con Calle 20 esquina.	116
9	PEDRO URIBE MEJIA	CRa11 N° 12-40	127
10	ARAUCARIAS	Calle 25 con Cra14 y 15.	102
11	SAN LUIS GONZAGA	Cra13 con Calle 26 esquina.	134
12	SIMON BOLIVAR	Cra14 N° 8-45	135
TOTAL			1437

Las doce Instituciones Educativas constituyeron la población objetivo e implementaron el programa de Restaurante Escolar, que es el programa directo dentro del cual se hizo la intervención, pues a partir de los residuos sólidos que producen estos restaurantes escolares se implementó la propuesta.

5.2 Tipo de investigación.

Este estudio se desarrolló dentro de la investigación descriptiva y cuantitativa, que estuvo enfocada en la representación de cómo se produce cada fenómeno además de la determinación de la eficiencia de tres diferentes tratamientos propuestos para la elaboración de compostaje a partir de los residuos orgánicos crudos y cocinados producidos por los restaurantes escolares.

A través de esta metodología se realizará la recolección y almacenamiento de los bioresiduos en doce colegios del municipio de Santa Rosa de Cabal (Risaralda), específicamente producidos en el restaurante escolar de cada institución; el proceso se llevará a cabo dentro de los siguientes momentos: Transporte, disposición final, aprovechamiento de los residuos por medio de la transformación en compostaje, en esta fase serán medidos y convertidos en producto que reúna las características adecuadas. Este proceso podría lograr beneficios como: la disminución del volumen de los residuos dispuestos al relleno regional la Glorita, reducción de los costos del municipio y contribución con la gestión ambiental para la posterior implementación de medidas que ayuden a contrarrestar los posibles efectos negativos, situaciones que serán sujetas a evaluación.

5.3 Línea de investigación.

Se desarrolló dentro de la línea de gestión ambiental, debido a las actividades que se llevaron a cabo encaminadas al aprovechamiento de los residuos orgánicos y cocinados, con el fin de minimizar impactos negativos en el entorno; dirigiéndolo a una

producción más limpia y una relación armónica con el medio ambiente para brindar calidad de vida.

5.4 Diseño e investigación.

La investigación se diseñó por fases como se describe a continuación:

5.4.1 Fase uno: Caracterización de los residuos.

La caracterización de los residuos sólidos orgánicos se desarrolló en dos momentos:

Momento uno: Realización de la encuesta e información al personal de apoyo (cocineras) de las instituciones educativas.

Momento dos: Se identificaron los residuos sólidos orgánicos generados por las doce (12) instituciones educativas. Durante esta fase se realizaron pesajes de la totalidad de residuos recolectados por institución, el pesaje de los residuos una vez separados y la medición de residuos cocidos y no cocidos. Se debe aclarar que la fase uno tuvo su desarrollo en las instituciones educativas y la fase dos se realizó en la planta de aprovechamiento Biomundo.

- **Acopio o almacenamiento temporal.**

En este momento se verificó y se adecuó los sitios de almacenamiento de los residuos orgánicos dentro de cada una de las doce (12) instituciones educativas. Durante esta fase se realizó una encuesta para identificar la cultura de manejo de residuos en cada una de las instituciones (Ver anexo 1) y verificar de este modo, como se podía efectuar la recolección del material y las condiciones en las cuales éste podía ser entregado. Cabe aclarar que en este proceso se le hizo entrega a las encargadas de la cocina (manipuladoras de alimento) 2 bolsas plásticas semanales, además en dos colegios

fueron entregados dos recipientes con tapa, estos elementos fueron utilizados para la recolección de los residuos cocinados y crudos.



Figura 3 Transporte y recorrido para la recolección.

- **Trasporte.**

El momento de recolección constituyó el retiro de los residuos sólidos de la institución educativa, se realizó dos días a la semana, los martes y los viernes, de 9:00 am a 12:30 pm, durante un lapso de tiempo de tres semanas. El material fue desplazado hacia la empresa Biomundo en motocarros que fueron alquilados para cada trayecto como se muestra en la Figura 3 .

- **Recolección selectiva.**

La selección de los residuos sólidos tuvo varios beneficios, inicialmente constituyo el primer componente para garantizar la calidad del producto, pues partiendo de la separación de los residuos se evitaron posibles contaminantes. Esta caracterización se realizó en la empresa Biomundo, manualmente, para después iniciar con el pesaje y el registro del tipo y cantidad de material recolectado. Los registros constituyeron la base de datos inicial para la documentación del proceso.

Se recolectaron dos tipos de residuos, cocidos y no cocidos que fueron separados teniendo en cuenta la construcción de las pilas y los porcentajes para las pruebas piloto. Es fundamental tener en cuenta que según la norma RAS 2000 no son apropiados para compostaje los residuos de mataderos, los restos de comida cocidos, carne, pescado, huesos, cascaras de huevo, restos de plantas enfermas, heces, pañales, arena para gatos, por presentar riesgos en la calidad del proceso y del producto a obtener, Sin embargo en el presente ejercicio se pretendió el uso de residuos sólidos cocinados mezclados con residuos sólidos crudos, con el fin de evaluar si es resultante un compost apto para el uso y de calidad.

El proceso de selección de los residuos dejó ver buenas prácticas de separación desde la fuente, mostrando también que la información a las personas encargadas de la cocina tuvo un impacto positivo. Se pudo notificar una mayor cantidad de material orgánico que de cocinado.

5.4.2 Fase dos: Estimación de la eficiencia de los tres tratamientos de compostaje.

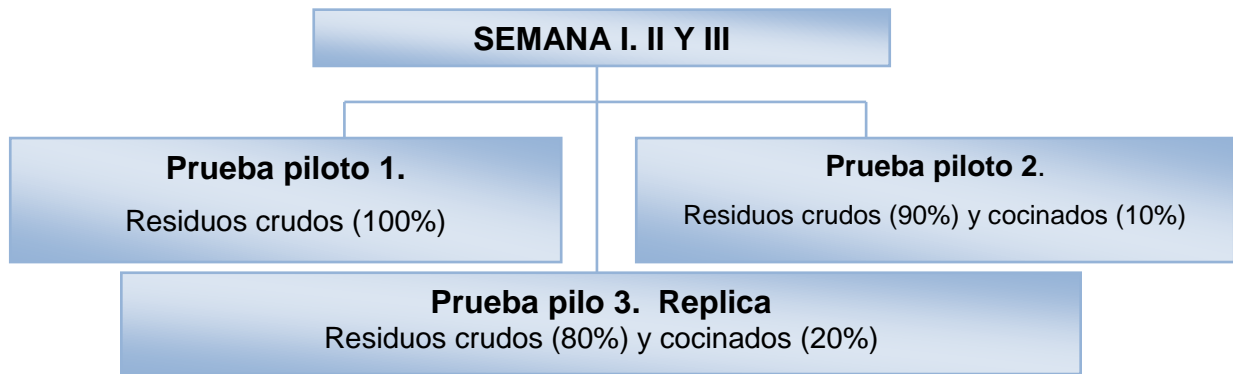
Para estimar si la eficiencia de los tres tratamientos de compostaje de residuos orgánicos crudos y cocidos, se llevaron a cabo nueve pruebas piloto, divididas en tres montajes semanales durante un lapso de tiempo de tres semanas, lo que permitió complementar las nueve pilas a trabajar. Estas pruebas fueron realizadas con el fin de identificar el tipo de material y el tipo de procedimiento empleado para la elaboración del compostaje. Fueron tomados en campo parámetros como la temperatura, humedad y pH. En laboratorio se estimaron los valores referentes a conductividad eléctrica, cenizas, pérdidas por volatización, carbono orgánico, nitrógeno total, fósforo, potasio, sodio, calcio, magnesio, azufre, hierro, manganeso, cobre, zinc, boro, C/N y capacidad de intercambio catiónico, densidad, residuo insoluble en ácido, RIA, Saturación %.

- **Diseño de las pruebas piloto.**

Las pruebas piloto se llevaron a cabo durante tres semanas, dentro de un esquema de acción que se sostuvo de una semana a otra. Cada semana se llevaron a cabo tres pruebas específicas con composiciones de material diferente: en la primera se trabajó el 100 % de los residuos crudos, en la segunda el 90% de residuos crudos y el 10% cocinados, y finalmente durante la tercera réplica, se usó el 80% de los residuos crudos y el 20% cocinados.

Las pruebas piloto se llevaron a cabo con el uso de 50 kilogramos aproximadamente de residuo orgánico por cada pila, teniendo en cuenta que se recolectó más que ese peso, el resto del producto recolectado se usó como indicador de medición del proceso costo - beneficio.

Tabla 8: Esquema de acción pruebas piloto.



En este punto se realizaron las diferentes mediciones al compostaje en cuanto a temperatura; por medio de un termómetro, de igual forma este proceso fue complementado con diferentes volteos, los cuales se realizaron durante un periodo de dos veces por semana; la frecuencia de los volteos dependió de la humedad, textura y estabilidad de la mezcla y se realizó para controlar la aireación, control de olores, mayor velocidad de transformación y control de insectos.

En cuanto a los datos obtenidos, se llevó a cabo un registro donde se guardaron los valores de los parámetros medidos para visualizar la evolución de las pilas en el tiempo.

Al finalizar el proceso de estudio realizado a las nueve pruebas piloto, se tomaron muestras a cada pila con el fin de ser estudiadas por el laboratorio de suelos de la Universidad Tecnológica de Pereira, el cual determinó el tipo, cantidad y eficacia de los microorganismos. Todo este proceso en mira de concluir cuál de los tres procesos fue más eficiente y cumplió a cabalidad con los requisitos estipulados por la norma técnica colombiana “NTC 5167, la cual establece los requisitos a cumplir y los ensayos a los cuales deben ser sometidos los productos para la industria agrícola y productos orgánicos usados como abonos” (Ministerio de Vivienda, 2014)

Para la elaboración de la investigación se pretendió concluir a través de la utilización de diferentes materiales, tres métodos de aprovechamiento para la elaboración del abono orgánico que cumplan con los parámetros establecidos por la Resolución ICA No. 0015021 Ene 2003.

Pilas: Desperdicios de Comida Cruda - 100%.

Pilas: Desperdicios de Comida Cruda - 90% y Cocinada - 10%.

Pilas: Desperdicios de Comida Cruda - 80% y Cocinada - 20%.

- **Proceso de las pilas del Compost.**

- a) Se seleccionó y se demarcó la zona escogida para la construcción de las pilas, en un lugar cerrado donde no se tuvo acceso de lluvia, de forma rectangular para formar un paralelepípedo.
- b) Se clavaron unas estacas demarcando el tamaño de la pila en cuanto al área, 2 m de ancho x 3 m de largo x 1 m o 2 m de alto.
- c) Se seleccionó el material a compostar y el complemento a utilizar (desperdicios, residuos vegetales, etc.)
- d) Se colocó un bio-filtro que es una capa seca que sirve para controlar los lixiviados, esto es con el fin de que se quede la mayor cantidad de lixiviado; y por ende llegue lo mínimo al subsuelo.
- e) Se continuó colocando capa a capa los residuos.
- f) La altura de la pila fue entre 1 m y 2 m, una vez terminada se humedeció hasta que quedó en capacidad de campo, agua mezclada con caldo microbial o lixiviado.

g) Finalmente se cubrió la pila con tierra.

h) Se realizaron de 2 a 3 volteos semanales, y se regó utilizando agua mezclada con caldo microbial y orines, esto con el propósito de acelerar la descomposición.

En la figura 4 puede evidenciarse la formación de las pilas del compost de manera que se cumplen las especificaciones antes mencionadas.



Figura 4 Pilas. Tomado de: Ramírez, 2014

5.4.3 Fase tres: Análisis de viabilidad económica

Este análisis de viabilidad económica dejó ver la relación costo - beneficio en consideración al aprovechamiento y la disposición final de los residuos orgánicos en el relleno sanitario La Glorita, ubicado en la ciudad de Pereira.

Para dicho análisis se hizo uso del método de proyección de proyectos y análisis financiero propuesto por Pareja y Dávila (2014), el cual está compuesto por la interpretación de la inversión inicial, los ingresos de operación, el cálculo de costos

del recurso humano, los costos operativos, gastos de administración y ventas, cálculo de depreciación, flujo de efectivo proyectado, balance presupuestado y estado de resultados.

6. Resultados y análisis

6.1 Fase uno Caracterización de los residuos.

6.1.1 Momento uno: Resultados y análisis de la encuesta realizada.

En las doce instituciones educativas fue realizada una encuesta donde se pretendía conocer el potencial de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos de los restaurantes escolares. La encuesta se desarrolló en un total de trece ítems que tuvieron como objetivo ahondar en los conocimientos previos sobre la separación en la fuente y la importancia de compostar, al mismo tiempo se les explicó sobre la intención que se tenía con el proyecto y el objetivo fundamental que pretendía cumplir.

Cuando se identificaron vacíos en conocimientos fundamentales como la separación en la fuente, la importancia de compostar, almacenamiento y manejo de los residuos, se realizaron acercamientos informativos que se desarrollaron desde una metodología informal, discursiva. Esta fase de la caracterización tenía como objetivo fundamental garantizar los conocimientos básicos en aquellas personas encargadas del manejo de la cocina para que pudieran separar el material de la manera adecuada y contribuir al buen desarrollo de la caracterización.

Los temas más reiterativos que se manejaron en el proceso de información fueron, la importancia del compostaje debido a la falencia en dicho conocimiento, en este punto se dejó claro que compostar es de gran importancia para la conservación del medio ambiente, al mismo tiempo que se pueden implementar procesos de generación de ingresos y reciclaje de los residuos sólidos orgánicos. Se brindó también información sobre el fin que tenían los residuos, pues existía un desconocimiento sobre la existencia del relleno sanitario y costos que este acarrea a los contribuyentes.

El análisis de las respuestas que se obtuvieron se presenta a continuación:

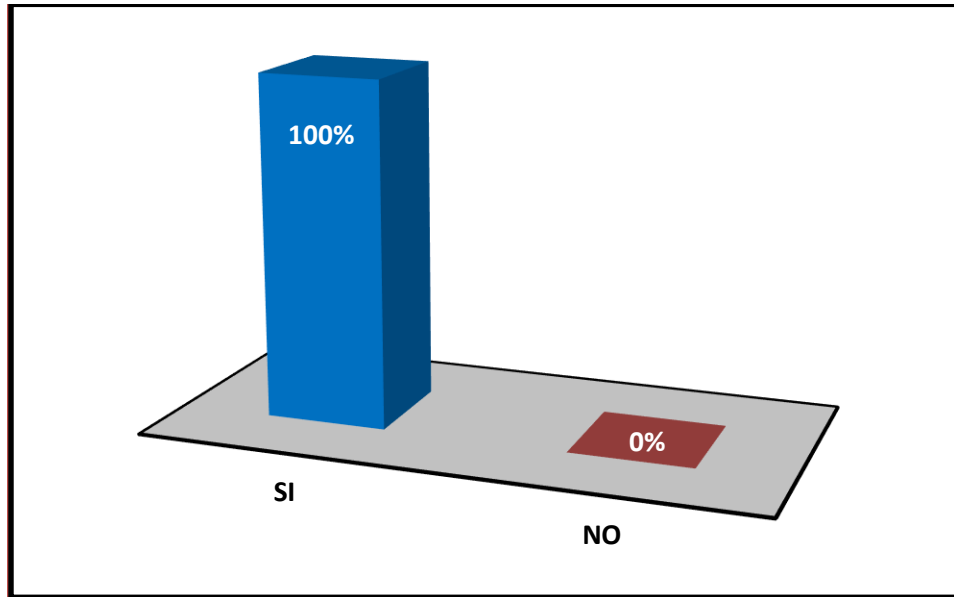


Figura 5 Porcentaje de encuestados que conocen lo que son los residuos orgánicos e inorgánicos

En la Figura 5 los representantes de las doce instituciones educativas responden que tienen conocimiento sobre que son los residuos orgánicos e inorgánicos. Este conocimiento es de vital importancia para ejercicios como la separación desde la fuente. Si en las doce instituciones se tiene este conocimiento básico puede asumirse que el ejercicio consiente de separar los residuos será realizado, garantizando de esta manera un inicio adecuado del proceso de compostaje con los residuos bien diferenciados.

En la Figura 6 se observa que la mayor cantidad residuos generados son orgánicos crudos, siguiendo en magnitud la cantidad de orgánicos cocinados y finalmente se encuentran otro tipo de residuos como papel, cartón, bolsas plásticas los cuales no eran apropiados para el compostaje realizado en esta investigación.

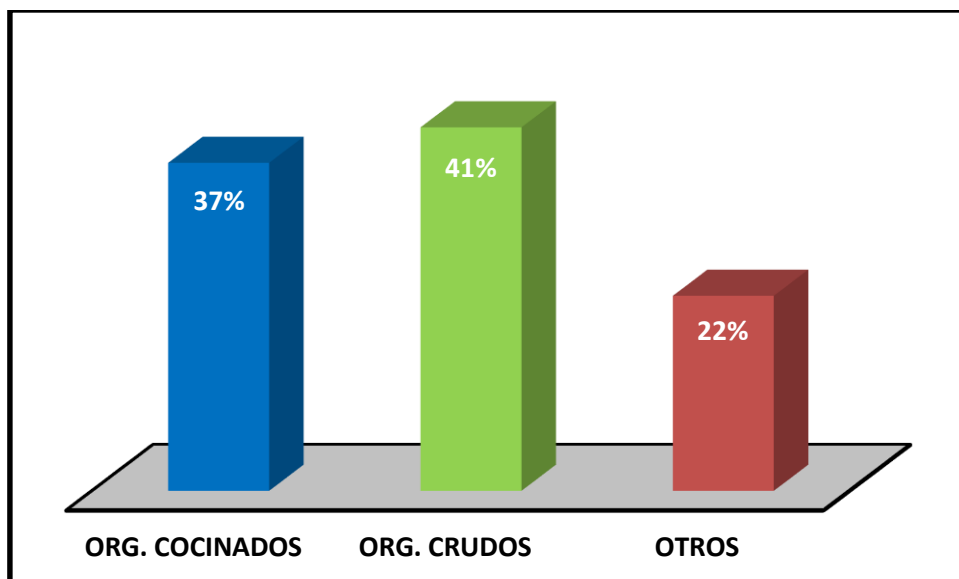


Figura 6 Tipo de residuos que genera la institución en el restaurante escolar.

Esta información deja claro que el ejercicio de recolección de los residuos en dichos colegios es pertinente, pues dejaría para disposición final en el relleno sanitario un porcentaje aproximado de 22% de los residuos sólidos producidos, los cuales se pueden tratar de gestionar por otros métodos tales como el reciclaje.

En la Figura 7 se observan las diferentes disposiciones finales que se hacen de los residuos de alimentos producidos en los restaurantes escolares con los respectivos porcentajes de instituciones educativas que hacen uso de cada método.

En siete restaurantes escolares, los restos de comida que se producen en el restaurante escolar son dispuestos como comida para animales, en tres instituciones se arrojan los residuos a la basura y solo dos hacen una disposición diferente de los mismos.

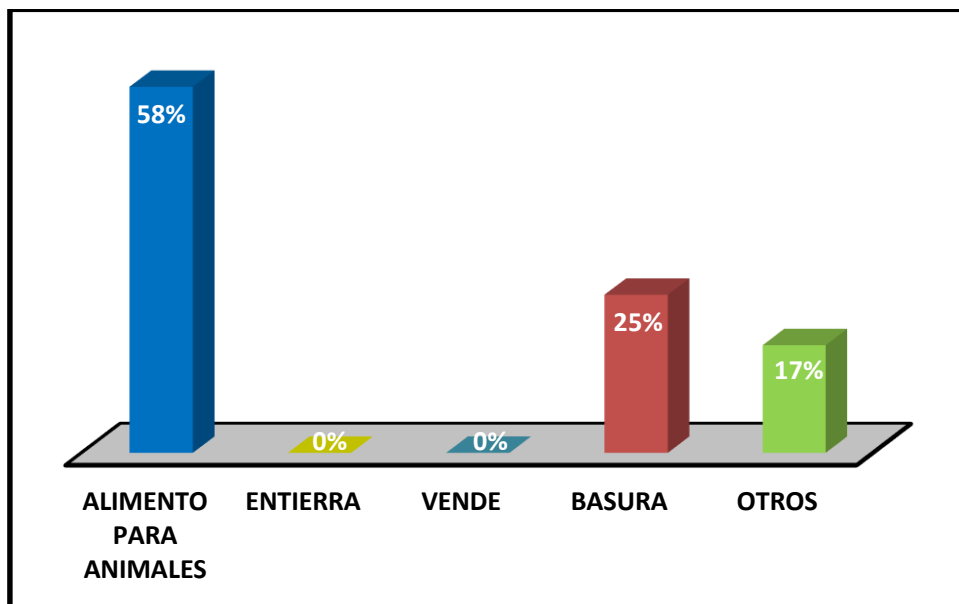


Figura 7 Porcentaje de instituciones clasificadas por la disposición final que hacen de los Residuos de alimento producidos por el restaurante escolar.

Es decir, hasta el momento ninguna de las instituciones educativas tiene un aprovechamiento de sus residuos sólidos para la realización de composta u otro proceso de reciclaje, esta situación puede ser ventajosa, pues una vez se vean los resultados de dicho aprovechamiento a través de un ejercicio de educación, desde este proyecto, es probable que se comprenda el compost como un proceso de aprovechamiento viable.

En la Figura 8 se encuentra una comparación entre el porcentaje de instituciones que comprenden el concepto de separación en la fuente. Los porcentajes de la Figura 8 corresponden a ocho instituciones educativas que conocen el concepto y el proceso de separación en la fuente y cuatro instituciones que no lo conocen.

Este resultado puede abrir la posibilidad de generar espacios de capacitación y formación en relación a la separación de la fuente como primer elemento fundamental para el aprovechamiento de los residuos sólidos. Desconocer el

concepto y el proceso puede afectar la calidad de la composta y poner en riesgo el aprovechamiento productivo y de calidad de los residuos.

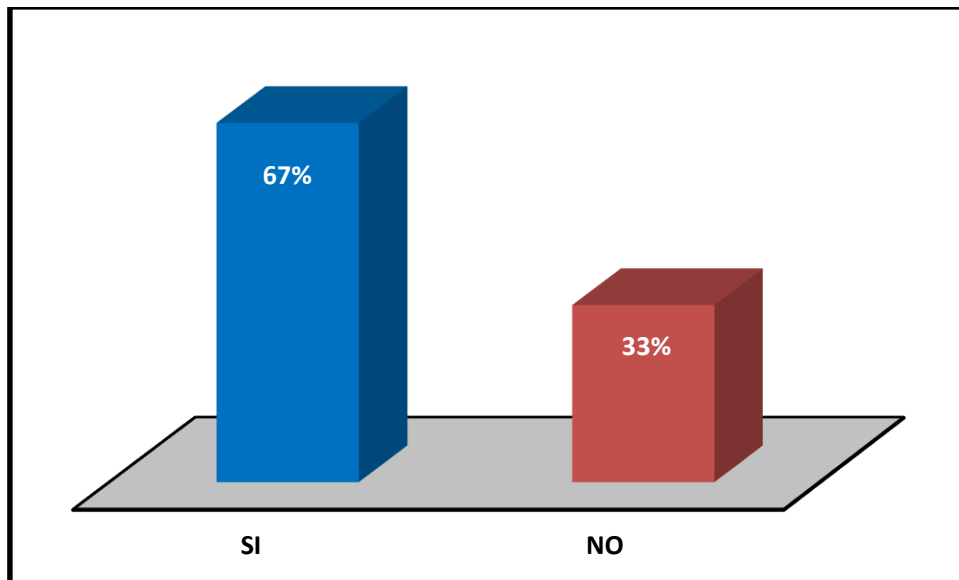


Figura 8 Porcentaje de encuestados que conocen la definición y/o concepto de separación en la fuente.

Según Vargas (2015), la calidad de la composta está determinada por el proceso de separación en la fuente, en términos del autor “la separación en la fuente es la base fundamental del ejercicio de compostar, significa buenas prácticas, pero sobre todo, significa que las personas son conscientes de los beneficios del reciclaje para un mundo ecológico y saludable, separar en la fuente es un ejercicio profundo de transformación social”.

En la Figura 9 se observan tres rangos de cantidad de residuos producidos por los restaurantes escolares y los porcentajes de instituciones clasificados en cada rango; estos porcentajes corresponden a nueve instituciones educativas que producen de 5 a 20 kilos de residuos, dos instituciones que producen de 40 a 80 kilos, mientras que en una sola se producen de 20 a 40 kilos.

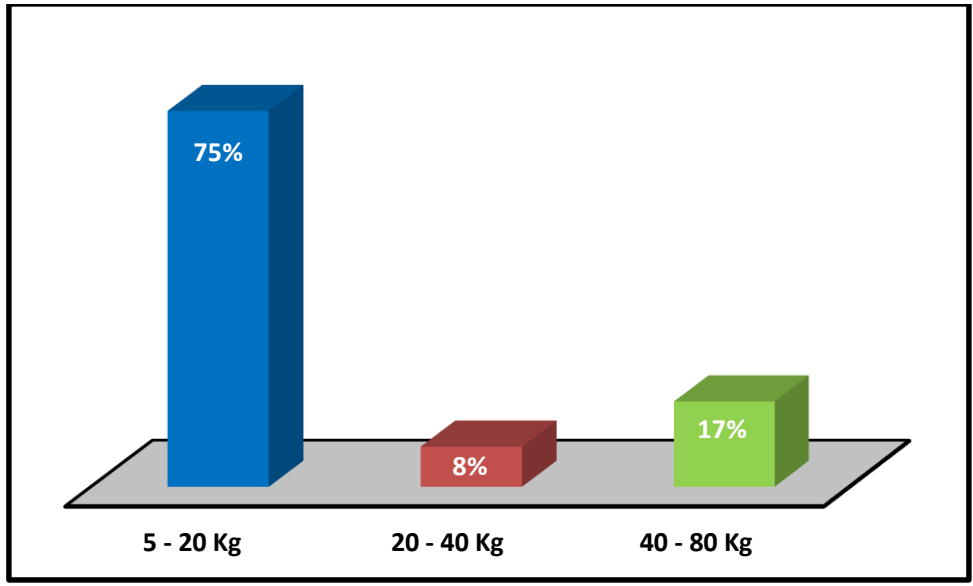


Figura 9 Rangos de producción de residuos de alimentos por los restaurantes escolares y porcentaje de instituciones situadas en dichos rangos.

Teniendo en cuenta que estos valores de producción son diarios, es necesario dejar claro que se harán dos recorridos semanales, de manera que se puede estipular una recolección de más de cien kilos semanales (aproximadamente) en cada una de las instituciones educativas, cantidad pertinente para la organización de las pilas.

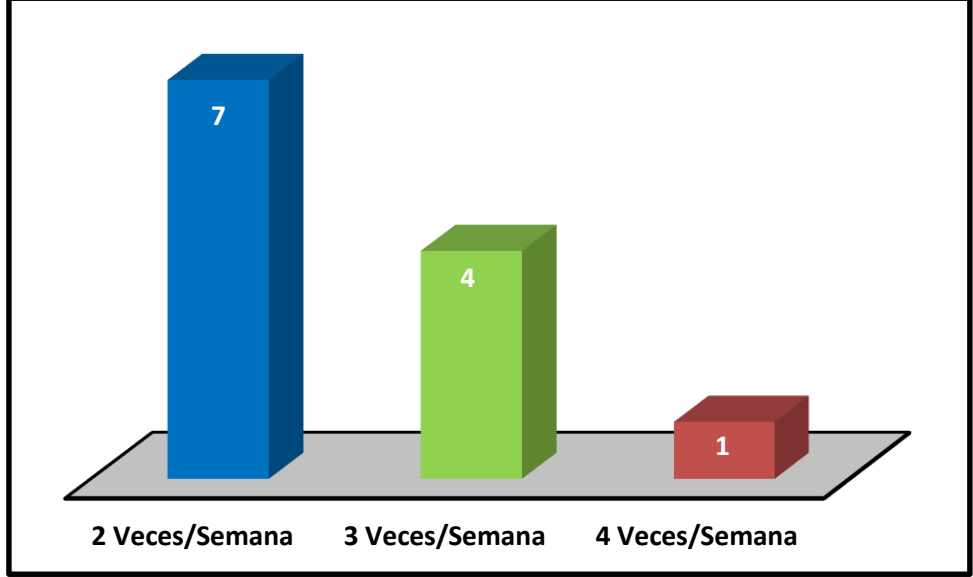


Figura 10 Número de instituciones educativas clasificadas por frecuencia de recolección de los residuos generados en los restaurantes escolares.

En la Figura 10 se observa que en siete instituciones educativas la recolección se hace dos veces por semana, en cuatro se realiza tres veces por semana y en una, se realiza cuatro veces por semana. En cada institución educativa se deja claro que se harán recolecciones los días martes y viernes, disponiendo recipientes y bolsas para el almacenamiento temporal, mientras el recorrido se realiza.

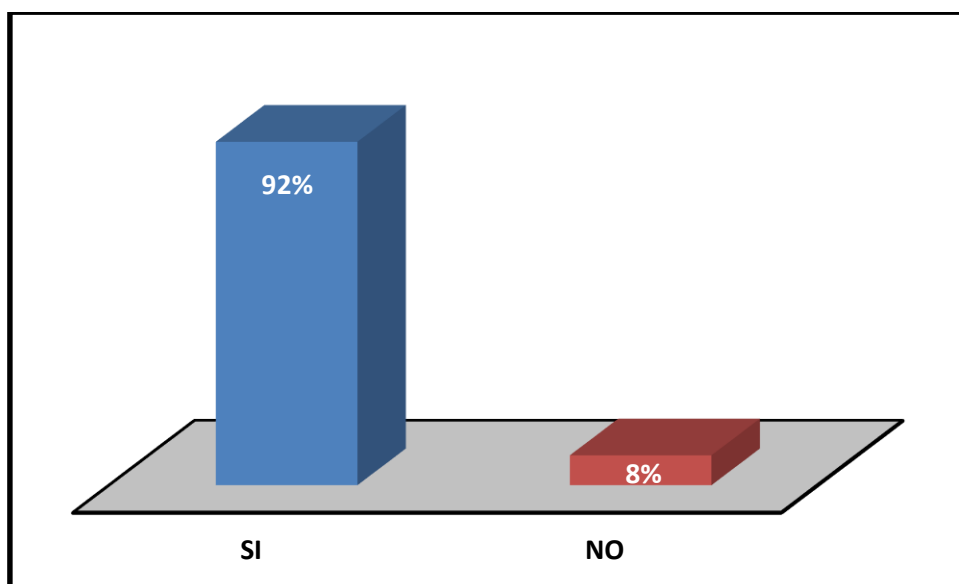


Figura 11 Porcentaje de instituciones que sabe cómo separar los residuos orgánicos

La Figura 11 muestra que once de los encuestados saben cómo separar los residuos orgánicos de los residuos inorgánicos, esta situación puede significar que existe un porcentaje significativo de instituciones con la información suficiente y necesaria para realizar una adecuada separación desde la fuente o una adecuada recolección que garantice buenas prácticas durante la realización del compost.

Los porcentajes de la Figura 12 corresponden a ocho de los representantes encuestados refieren que tienen los recipientes apropiados para la separación en la fuente, el mismo número de instituciones que dice saber a qué se refiere el concepto. Cuatro de las instituciones responden que no tienen los recipientes apropiados para lograr la separación sobre la fuente, que son las mismas instituciones que no tienen información sobre el concepto, de manera que es posible determinar que la falta de conocimiento en relación al tema ha incidido en

la no consecución de los recipientes adecuados, que señala la necesidad de llevar a cabo los procesos de capacitación pertinente.

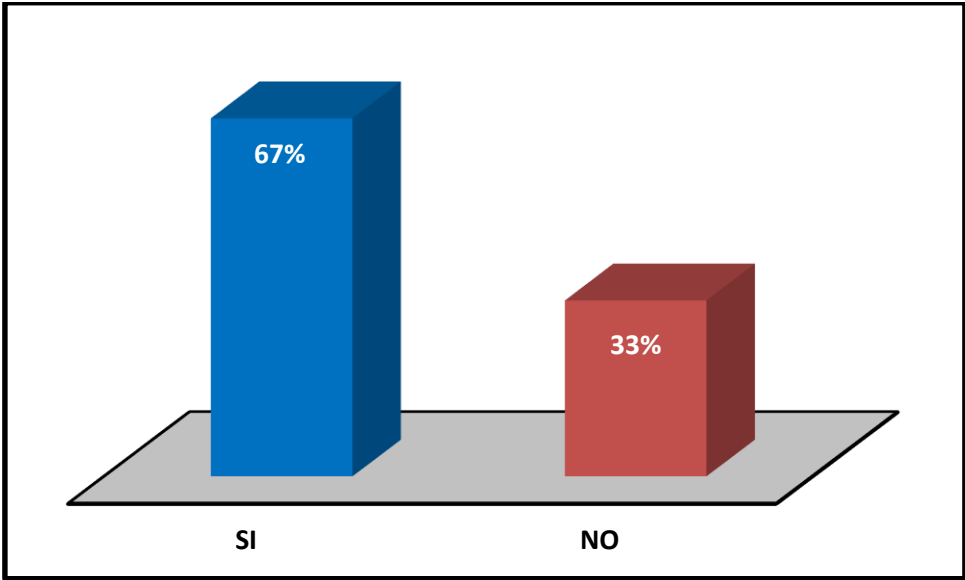


Figura 12 Porcentaje de instituciones educativas que cuentan con los recipientes apropiados para una adecuada separación en la fuente.

El conocimiento sobre los beneficios ambientales que traen las prácticas como el reciclaje y la separación en la fuente se muestra en la Figura 13

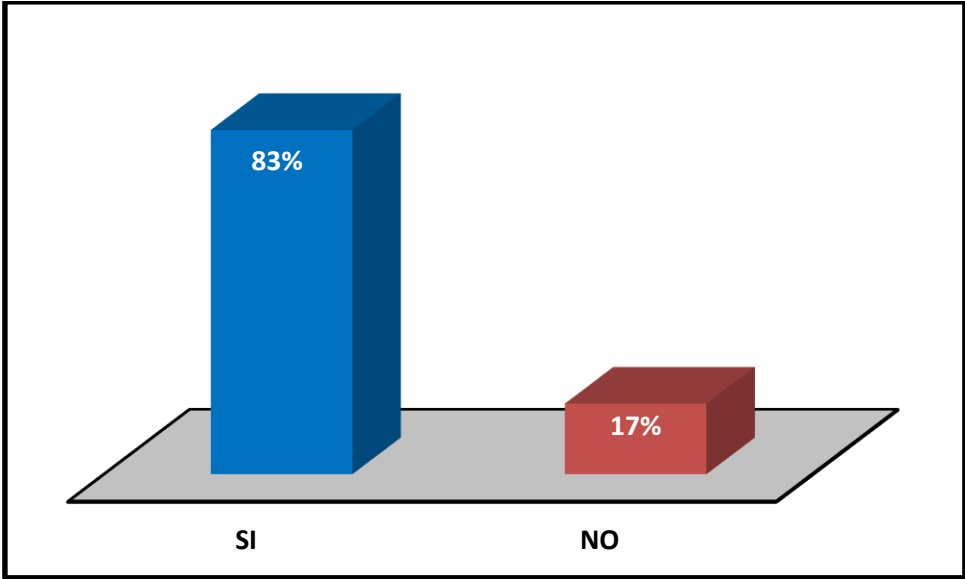


Figura 13 Porcentaje de instituciones que conocen los beneficios ambientales que traen las prácticas como el reciclaje y la separación en la fuente.

Los porcentajes que se ven en la figura anterior corresponden a diez instituciones educativas relacionadas con beneficios a fines con las tareas de reciclaje y separación en la fuente, como la generación de empleo y la posibilidad de incidir positivamente en el medio ambiente. Dos de las instituciones refieren no conocer dichos beneficios.

En relación al conocimiento sobre las formas adecuadas de aprovechar los residuos orgánicos, los porcentajes de instituciones que conocen los beneficios de estas prácticas se encuentran en la Figura 14, estos porcentajes corresponden a once de las instituciones que respondieron que si tienen dicho conocimiento, solo una refirió no tener conocimiento sobre el tema. Si se tiene en cuenta esta respuesta, en relación a las demás que se han planteado; con anterioridad, se establece una correlación importante entre el conocimiento y la realización de actividades de separación en la fuente y reciclaje o compostaje.

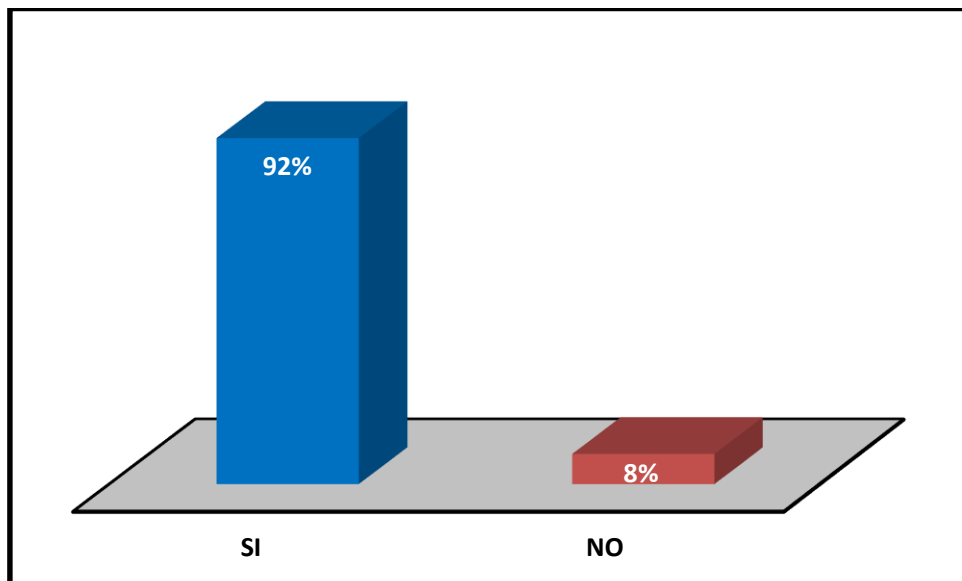


Figura 14 Porcentaje de instituciones que conocen las formas adecuadas de aprovechar los residuos orgánicos

El compostaje como alternativa de aprovechamiento es conocido en diez instituciones educativas, las otras dos, refiere no conocer el concepto.

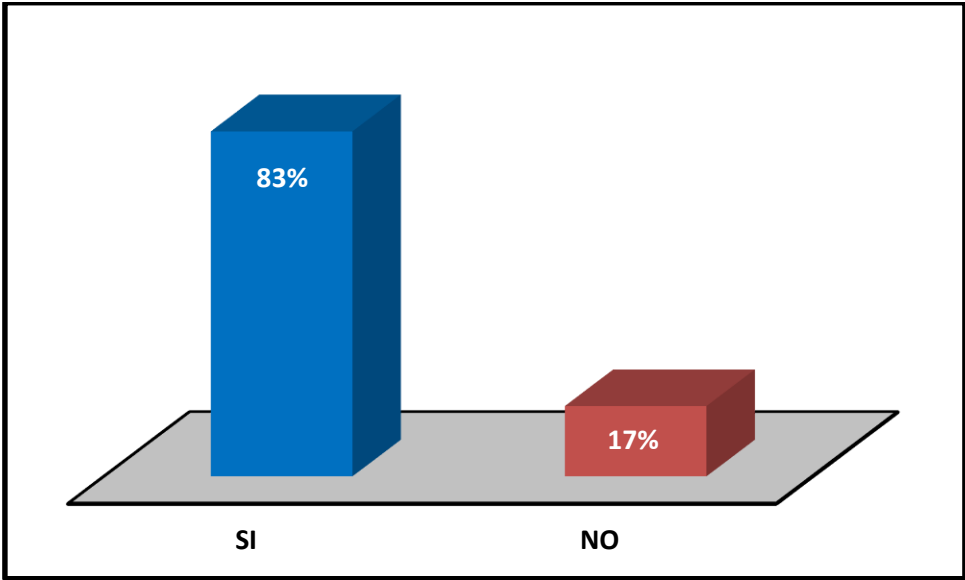


Figura 15 Porcentaje de instituciones que tienen conocimiento acerca de lo que es el compostaje

Aquí se abre una posibilidad para realizar ejercicios de educación a través del ejemplo, que permita a los representantes de las instituciones estudiar y reconocer la posibilidad de compostar ocupando espacios de las mismas instituciones educativas.

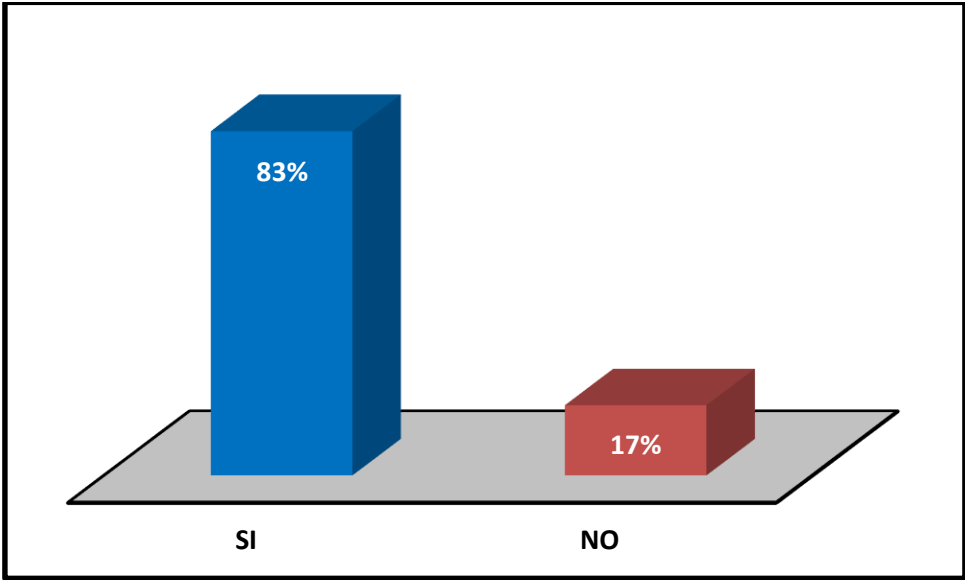


Figura 16 Porcentaje de instituciones que reconoce la importancia de hacer compostaje

La importancia de hacer compostaje y los beneficios ambientales de la práctica es conocida por las mismas diez instituciones educativas y restaurantes escolares, las otras dos instituciones encuestadas refieren no saber sobre dicha importancia.

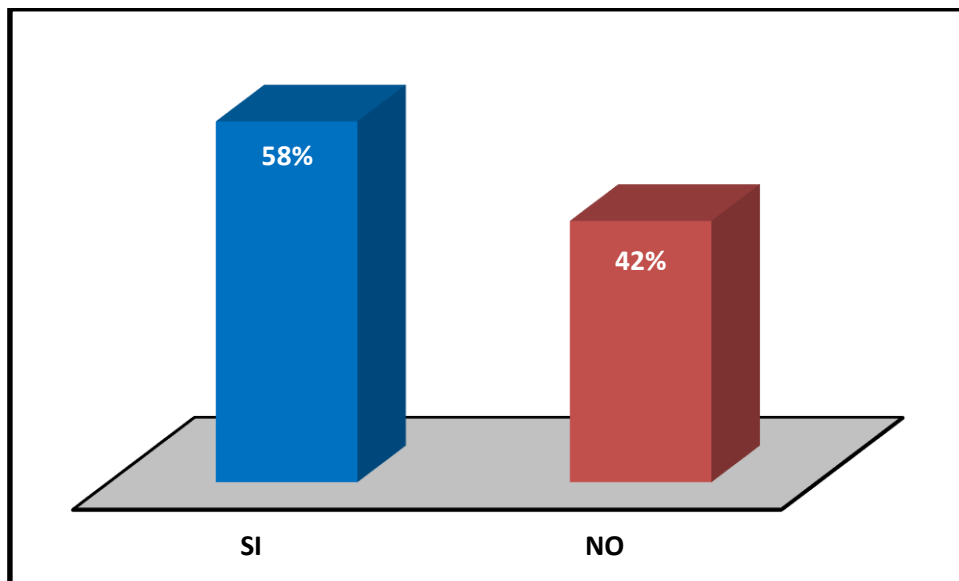


Figura 17 Instituciones educativas que tienen conocimientos acerca del programa de manejo integral de residuos orgánicos con que cuenta Santa Rosa de Cabal

En siete de las instituciones educativas sabe o conoce sobre el proyecto de manejo integral de residuos orgánicos, cinco de ellas, no tenían dicha información, por lo que se puede concluir con esto que un gran porcentaje de los residuos de estos restaurantes escolares no están siendo aprovechados adecuadamente.

Resumen del estado actual de las instituciones frente al manejo de los residuos.

Teniendo en cuenta los resultados de las encuestas (ver Anexo 1) realizadas a las manipuladoras de alimentos de las 12 instituciones que presentan el servicio de restaurante escolar, se puede expresar que la mayor proporción de residuos producidos son los referentes a tipo orgánico sin cocinar representados en restos de fruta y verduras que corresponden al 70%, mostrando con esto la viabilidad del proyecto. Consecutivamente le siguen los residuos orgánicos cocinados con un

25 % y finalmente en menor proporción 5% algunos materiales indeseados para la investigación como es el cartón y bolsas.

También se observa; que no existe en gran medida una carencia en cuanto el conocimiento para hacer una adecuada separación en la fuente y la importancia ambiental ya que 11 colegios manifiestan saber hacer este proceso y en igual porcentaje conocen la importancia ambiental de aprovechar estos residuos, dicho esto se pudo observar al principio de la recolección que a pesar de estos conocimientos, no se realiza en ninguna medida una adecuada clasificación de estos; ya que los datos obtenidos refleja que el 100% de los encuestados no hace proceso de separación en la fuente esto asociado a que 7 de las 12 instituciones entregan lo recolectado para alimento de cerdos (tres de las instituciones) manifiestan que estos residuos son dispuestos en el carro que presta el servicio de aseo en el municipio los cuales tienen como destino final el Relleno Sanitario la Glorita, y 2 establecimientos dicen hacer una disposición diferente de los residuos, perdiéndose la posibilidad de darle un aprovechamiento a dicho residuos; esto ligado a que 4 de 12 instituciones dicen no contar con los recipientes adecuados que garanticen una apropiada disposición de los residuos orgánicos lo que conllevaría a dificultades en la operación de este proceso así como de futuras iniciativas, igualmente esto causaría una proliferación de aromas desagradables, moscas, insectos y una contaminación del ambiente de las cocinas y alimentos, lo que podría generar enfermedades en los niños que reciben este servicio.

Todo esto está unido a la falta de conocimiento de programas en cuanto al aprovechamiento de residuos orgánicos ya que a pesar que en el momento existen proyectos de aprovechamiento de residuos orgánicos en el municipio de Santa Rosa de Cabal, 5 de 12 instituciones manifestaron no conocer dichas iniciativas y por ende no veían la necesidad de hacer una adecuada recolección de los residuos generados en los restaurantes escolares.

De la anterior información se deduce que existe una gran oportunidad de aprovechamiento de los residuos orgánicos tanto crudos como cocinados esto

debido a la gran cantidad que estos se generan en los restaurantes escolares y que en ningún momento se les está haciendo un adecuado tratamiento, esto no se ha dado debido a falta de conocimiento si no a la falta de proyectos y campañas que impulsen este tipo de iniciativas.

Por último se puede decir que los involucrados en un gran porcentaje 10 de 12, están de acuerdo que es muy conveniente este tipo de procesos, ya que son conscientes de la necesidad económica y ambiental de dar un adecuado manejo a este tipo de residuos.

6.1.2 Momento dos: Resultados y análisis de la caracterización de los residuos.

- **Acopio y almacenamiento temporal.**

El almacenamiento temporal de los residuos fue realizado teniendo en cuenta las posibilidades de cada institución educativa, fue necesaria la comunicación directa con los coordinadores y las manipuladoras de alimentos, con el fin de garantizar que los residuos fueran adecuadamente almacenados para la realización de la composta y evitar que fueran entregados a terceros. La totalidad de las instituciones educativas tuvieron voluntad para el almacenamiento de los residuos dentro de características óptimas como:

Lugares cerrados libres de humedad.

Se hizo uso de bolsas plásticas negras y dos de las instituciones solicitaron recipientes plásticos con tapa por considerar que estos eran más higiénicos que las bolsas, tanto las bolsas plásticas como los recipientes fueron proporcionados por el proyecto.

Los residuos permanecieron en la institución educativa dos días. Solo en una de las instituciones educativas se presentaron dificultades para el almacenamiento

debido a un arreglo en la estructura del colegio, lo que impedía el transcurso normal de las clases y por consiguiente del restaurante escolar.

- **Número de recolecciones y peso, institución educativa.**

La recolección de los residuos sólidos orgánicos generados por los restaurantes escolares tuvo como resultado el consolidado que se muestra en la tabla 9, la cual presenta resultados de un total de seis recolecciones por institución educativa y también muestra un aumento significativo de los residuos entre el día uno y el día seis. Si se hace un análisis con las encuestas realizadas al principio del proceso, se podría identificar que la educación sobre la posibilidad de compostar a partir de residuos sólidos cocidos y no cocidos, genera una posibilidad de concientización sobre la recolecta. De manera que a medida que pasaban los días y que las manipuladoras de alimentos de las instituciones educativas percibían la seriedad del proceso, la cantidad de residuos fue aumentando.

Tabla 9: Recolecciones por institución.

RECOLECCIÓN DEL MATERIAL PARA LA COMPOSTA (Kg)						
INSTITUCIONES EDUCATIVAS	DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6
1. CECILIA CABALLERO	7,50	15,4	19,45	33,4	23,55	37,2
2. JUAN XIII	2,25	9,40	7,25	8,70	7,80	9,1
3. ANTONIA SANTOS						
4. COLEGIO DE JESÚS	4,95	0	3,50	10,90	6,50	5,5
5. EL AMPARO	3	14,95	5,75	5,70	12,20	9,15
6. LA COLOMBIA	3,05	6	10,6	9,75	3,80	4,3
7. LA MILAGROSA	13,92	12,55	14,35	4,70	8,55	11,25
8. OSPINA PÉREZ	7,45	12,7	4,40	9,55	8,20	9,8
9. ATANASIO GIRARDOT	15,3	10,2	6,35	8,4	6,10	3,22
10. ARAUCARIAS	15,35	88,95	13,55	16,15	56,55	61,7
11. SAN LUIS GONZAGA	16	16,85	11,55	14,95	16,70	13,42
12. SIMÓN BOLÍVAR	24,16	10,7	14	10,85	13,75	12,58
TOTAL RECOLECTADO	112,93	197,7	110,75	133,05	163,70	177,22
TOTAL SEPARADO	91,06	179,22	90,56	122,3	159,84	166,25
RESIDUOS CRUDOS	52,60	147,92	70,34	94	103,74	135,60
RESIDUOS COCINADOS	38,46	31,30	20,22	28,3	56,10	30,65

- **Adecuación del terreno.**

Para la elaboración de pilas fue necesario realizar la adecuación del terreno, para lo cual se contrató con un tractor para nivelar el suelo, dejando condiciones de topografía plana para disponer las pilas adecuadamente. Después haciendo uso de guadas se demarcaron 20 metros cuadrados de trabajo y se procedió a cerrar el sitio con una malla, con la finalidad de mejorar la seguridad para las pilas de trabajo y de este modo evitar inconvenientes en la operación de las mismas.

- **El transporte.**

Como se muestra en la figura 4 se realizó un recorrido organizado por cada una de las instituciones educativas, iniciando en el jardín infantil las Araucarias y terminando en la empresa Biomundo, donde se realizó la mayoría del proceso, el retiro de los residuos sólidos de la institución educativa fue realizada dos días a la semana, los martes y viernes, desde las 9:00 am hasta las 12:30 pm, durante un lapso de tiempo de tres semanas. El material se desplazó en moto-carro hasta la empresa Biomundo, donde se ubicaron las pilas.

- **Adecuación de las canastas para la realización del compostaje.**

Las pilas de compostaje se realizaron en canastas de pasta, que fueron forradas con plástico por dentro para evitar salida del material y lixiviado, a las cuales en una esquina se les realizó un orificio y por debajo se ciñó con alambre un tarro de plástico para la recolección del lixiviado generado.

- **Recolección selectiva o caracterización en Biomundo.**

La caracterización de los residuos sólidos fue realizada en la empresa Biomundo, como se presenta en la Figura 18.

Durante este proceso se realizó la separación de los residuos sólidos cocidos y los no cocidos. Una vez realizada dicha separación de manera manual, se inició con el pesaje y el registro del tipo y cantidad de material recolectado.



Figura 18 Pesaje y selección del material.

Esto registros constituyen la base de datos inicial para la documentación del proceso. Según la clasificación de Márquez y Henao (2008), los residuos que se recolectaron en las instituciones educativas están dentro del estándar de residuos sólidos urbanos de origen comercial, en dichos residuos se encuentran alimentos principalmente y restos vegetales.

Según se muestra en la Tabla 10, las doce instituciones educativas permitieron una recolección total de 1058,4 kg de residuos sólidos para la totalidad de los trayectos, una vez separados y clasificados se obtuvieron 604,2 kg de residuos crudos y 205,3 kg de residuos cocinados, de manera que se eliminó un total de 249,17 kilos por no corresponder a material apto para compostar, como basura o residuos sólidos no orgánicos.

Tabla 10: Totalidades de la recolección

CLASIFICACIÓN DE MATERIAL PARA LA COMPOSTA (Kg)							
	DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4	DÍA 5	DÍA 6	TOTAL
TOTAL RECOLECTADO	112,93	197,7	110,75	133,05	163,70	177,22	1058,4
TOTAL SEPARADO	91,06	179,22	90,56	122,3	159,84	166,25	809,23
RESIDUOS CRUDOS	52,60	147,92	70,34	94	103,74	135,60	604,2
RESIDUOS COCINADOS	38,46	31,30	20,22	28,3	56,10	30,65	205,03

Es necesario especificar que se realizaron varios pesajes durante este proceso:

Pesaje uno: Todo el material cocinado, crudo y basura.

Pesaje dos: Material separado (crudo y cocinado)

Pesaje tres: 50 kilos para usar en la canasta para compostar.

Una vez separados los 50 kg a compostar para las canastillas, se inicia la fase dos del proceso, la ejecución, como se muestra a continuación.

6.2 Fase dos: Estimación de la eficiencia de los tres tratamientos propuestos para la elaboración de compostaje.

Condiciones del proceso de realización de la composta aeróbica.

En el proceso de compostaje, son los microorganismos los responsables de la transformación del sustrato, por lo tanto, todos aquellos factores que puedan inhibir su crecimiento y desarrollo, afectarán también sobre el proceso biológico.

Los factores más importantes que intervienen en éste son: temperatura, humedad, pH, oxígeno, relación C/N y población microbiana, sin embargo a partir del control del pH y de la temperatura se puede especular sobre la presencia de los microorganismos y el estado de maduración del compost; a continuación se explica cómo se desarrolló el montaje de los tres tratamientos para el compostaje y la evolución de los principales parámetros de monitorio cuya medición estuvo al alcance del proyecto.

Materiales usados.

Residuos sólidos cocinados y no cocinados.

Tierra aunque nunca en más de un 10% del volumen total de la composta, ésta permite la formación del complejo humus-arcilla.

Inoculante o esporas de los hongos que trabajan en el proceso de descomposición.

Agua, sin la cual no podrían vivir todos los seres vivos que existen en la composta.

6.2.1 Homogenización de los materiales.

Al inicio de esta etapa se revuelven todos los materiales hasta que quede una mezcla homogénea de todos los componentes de la composta, en donde se agrega el inoculante para acelerar el proceso de compostaje. Es importante aclarar que el proceso de homogenización incluye la trituración de los residuos en tamaños similares, lo cual se efectuó con los materiales crudos como el capacho de la piña y las cascaras de plátano, este procedimiento se llevó a cabo a mano con el uso de un machete. Por su parte los residuos cocidos no se sometieron al proceso de corte por considerar que su tamaño era el adecuado para la realización de la composta, ya que en su mayoría se trató de residuos de alimentos.



Figura 19 Homogenización de los materiales

Canastillas.

El proceso de canastillas se realizó con el fin de recolectar el lixiviado y ahorrar costos en un diseño diferente para la misma recolección del líquido.



Figura 20 Canastilla para elaboración de compostaje y recolección de lixiviados

Las pruebas piloto se llevaron a cabo durante tres semanas, dentro de un esquema de acción que se sostuvo de una semana a otra. Cada semana se desarrollaron tres tratamientos específicos para la elaboración de la composta: En la primera 100% de residuos crudos, en la segunda 90% de residuos crudos y 10% cocinados, y finalmente en la semana tres, se usaron 80% de residuos crudos y 20% cocinados.

Una vez homogenizado el material, se realizó el pesaje pertinente de 50 kilos aproximados, y se organizaron en una capa de 10 a 20 centímetros de residuos sólidos cocinados y crudos, se adiciono un poco de agua después una capa de abono y se humedeció con agua y finalmente, se ubicó una capa de tierra que no pasó de un 15% del total del material que se ha colocado y se mojó. Posteriormente, se repitieron las capas sucesivas de materiales en el orden que se ha indicado hasta lograr una altura de máximo 1 metro.



Figura 21 Acomodación del terreno y ubicación de las canastas.

6.2.2 Recolección de lixiviado.

La recolección de lixiviado se realizó en recipientes plásticos diseñados para pender de la pila y recolectar el exceso de humedad de la misma. Inicialmente se realizó el proceso en las canastillas pero posteriormente se pasaron éstas al suelo y sobre un plástico se continuo con el proceso. La tabla 14 deja ver un total de 8,36 de litros de lixiviado recolectados.

Tabla 11: Recolección lixiviado.

VOLUMEN DE LIXIVIADO RECOLECTADO PARA CADA PILA (ml)	
PILA 1	930 ml
PILA 2	825 ml
PILA 3	1059 ml
PILA 4	956 ml
PILA 5	925 ml
PILA 6	865 ml
PILA 7	837 ml
PILA 8	1023 ml
PILA 9	936 ml
TOTAL MILILITROS	8356 ml
TOTAL LITROS	8,356 Lts

Una vez culminados los ocho días y ya con el material en el suelo como se observa en la Figura 22, se siguió el proceso que se muestra a continuación.



Figura 22 Pilas de compostaje 1-9 dispuestas en el suelo después de la recolección de lixiviados

La zona seleccionada fue demarcada dentro de un espacio protegido de las lluvias, de forma rectangular.

Se clavarón las estacas demarcando el tamaño de la pila, 1 metro de ancho por un 1 metro de largo y 1 metro de alto.

Se seleccionó el material que sería compostado.

Se continúa colocando capa a capa los residuos. Capa crudo, capa cocinado – recolección uno. Capa crudo, capa cocinada – recolección dos. Capa de inóculo. Capa de tierra.

La altura de la pila fue de 1m, una vez terminada se humedeció con agua mezclada con caldo microbial o lixiviado.

Finalmente se cubrió la pila con tierra.

Se hicieron dos 2 volteos semanales, y a su vez se agregó agua mezclada con caldo microbial, con el propósito de acelerar la descomposición.

6.2.3 Muestreo.

El método para la toma de muestras y de medición en el laboratorio fue el muestreo aleatorio, en este método las muestras se toman aleatoriamente dentro de la pila, como se muestra en la figura número 22, donde cada uno de los segmentos representa una pila y la selección de la muestra se hace desde diferentes partes dentro de la misma. El muestreo aleatorio permite que el margen de error en la medición se reduzca, debido a la ubicación inadvertida de la muestra.

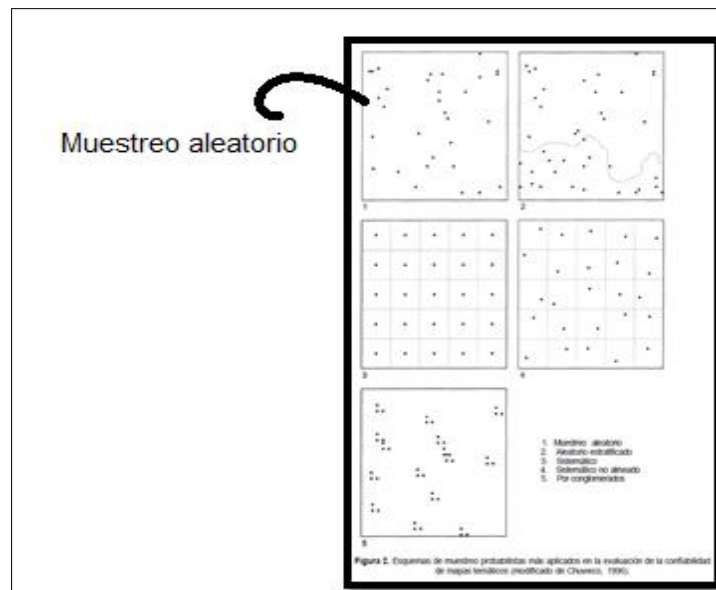


Figura 23 Muestreo aleatorio.

6.2.4 Volteo.

Una vez se evidenció a través de la medición de la temperatura aumento en los niveles de la misma, se realizaron volteos de las pilas que mostraran incremento en dicha temperatura, se realizó un promedio de dos volteos semanales por pila durante todo el proceso; siendo este número de volteos suficientes según lo descrito en el Manual para hacer composta Aeróbica (Navarro, 2002), en el que se afirma que las pilas de compost no deben voltearse más de una vez cada 3 días,

atribuyendo que un exceso de ventilación podría provocar el enfriamiento de la masa y una alta desecación y por consiguiente una reducción de la actividad metabólica de los microorganismos. Los volteos influyen directamente en la aireación ya que una adecuada realización de este proceso permite la respiración de los microorganismos, liberando a su vez, dióxido de carbono (CO₂) a la atmosfera.

Un factor a partir del cual se puede pensar que el número de volteos fue el adecuado son los valores de la humedades obtenidas al final del proceso los cuales se pueden observar más adelante en los parámetros finales de la composta obtenida; estas humedades fueron inferiores a 60%, y según la norma, si el producto final excede este porcentaje las pilas deberían ser voleadas diariamente hasta reducir este parámetro (RAS, 2000).

El suministro continuo y homogéneo de oxígeno a través de la mezcla de residuos asegura la actividad de los microorganismos y por tanto, un buen proceso de degradación. Un déficit de oxígeno puede acarrear problemas de putrefacción, se detiene el proceso de degradación y se obtiene un producto de menor calidad. Debido a que en un momento del proceso por condiciones climáticas adversas, las instalaciones utilizadas para el proceso fueron estructuralmente afectadas, las pilas recibieron aguas lluvias lo que pudo ocasionar desplazamiento del oxígeno en las mismas y evitar la continuidad del proceso para el cual no se evidenció la aparición de microorganismos termófilos pues como se verá para el control de temperatura del proceso no existieron en ningún momento las condiciones térmicas para esta tipo de población de microorganismos.

Una aireación insuficiente provoca una sustitución de los microorganismos aerobios por anaerobios, con el consiguiente retardo en la descomposición, la aparición de sulfuro de hidrógeno y la producción de malos olores; sin embargo, el exceso de ventilación podría provocar el enfriamiento de la masa y una alta desecación.

6.2.5 Control de humedad del proceso.

Para el control de humedad se empleó el proceso de evaluación manual de la misma, que se realizó tomando un puñado del compost para identificar la cantidad de gotas que sale entre los dedos. Durante el proceso no fue posible realizar la medición de este parámetro en el laboratorio debido a la poca disponibilidad de recursos económicos.

En cada medición manual pudo evidenciarse una reducción paulatina de la humedad en el material, hasta llegar a un producto final con poca humedad, para este producto final si se realizaron estudios en el laboratorio los cuales se encuentran registrados en el apartado de parámetros de la composta obtenida para los tres diferentes tratamientos.

6.2.6 Control de temperatura del proceso.

El proceso para la toma de temperatura se realizó con el método aleatorio colocando el termómetro en 5 lugares diferentes de la pila, finalmente se obtuvo el valor de la media el cual se tomó como temperatura de la pila tal como se muestra a manera de ejemplo en la Tabla 12. Las tablas completas se encuentran en el Anexo 2.

CONTROL DE TEMPERATURA PARA LA PILA 1								
SEMANA	TEMPERATURA °C							
	TOMA 1	TOMA 2	TOMA 3	TOMA 4	TOMA 5	MEDIA	MÁX	MÍN
3	40	41	40	41	40	40,4	41	40
	44	43	44	42	42	43,0	44	42
4	41	42	42	41	42	41,6	42	41
	39	40	39	39	39	39,2	40	39
5	37	36	37	36	37	36,6	37	36
	36	35	35	36	36	35,6	36	35

Tabla 12 Segmento de la tabla de control de temperatura para las pilas de compostaje

Cuando se finalizó el proceso se crearon tres tablas que compilan las medias de las temperaturas obtenidas (Tabla 13, Tabla 14 y Tabla 15), correspondientes a las tres composiciones de material crudo y cocinado estudiadas las cuales se

trataran de ahora en adelante como tratamiento 1 (compostaje de material 100% crudo), tratamiento 2 (compostaje de material 90% crudo y 10% cocinado) y tratamiento 3 (compostaje de material 80% crudo y 20% cocinado).

A partir de estas tablas se obtuvieron las curvas de comportamiento térmico del proceso de compostaje para los tres tratamientos estudiados, donde se observa que la temperatura tuvo un comportamiento típico de este proceso según lo reporta la literatura; Romero, (2003) explica en su obra "la proliferación de la actividad microbiana impulsa un comportamiento característico en la evolución de la temperatura del reciclado en la pila".

TRATAMIENTO 1 PILAS 100% MATERIAL CRUDO						
CONTROL DE TEMPERATURA °C				$\sigma = 6,36$		
SEMANA	PILA 1	PILA 4	PILA 7	MEDIA	MÁX.	MÍN.
Acondicionamiento	29	30	29	29,33	30,00	29,00
Acondicionamiento	30,2	30,8	33,2	31,40	33,20	30,19
0	33	32,6	36,2	33,93	36,20	32,60
	36,4	38,2	36,6	37,06	38,20	36,39
1	41,2	39,4	40,4	40,33	41,18	39,40
	43,4	40,4	43	42,26	43,39	40,40
2	37,8	43	41,6	40,80	43,00	37,80
	33,7	34,2	39,2	35,70	39,20	33,71
3	32	33,2	36,6	33,93	36,60	31,99
	30	32,0	35,6	32,53	35,60	29,99
4	29	31,8	32,8	31,20	32,80	28,99
	28	29,4	31,8	29,73	31,80	28,00
5	27,8	28,6	29	28,47	29,00	27,80
	27	27,2	27,8	27,33	27,80	26,99
6	27	26	27,4	26,80	27,40	26,00
	26,6	25,8	26,4	26,27	26,60	25,80
7	25,6	25	26	25,53	26,00	25,00
	25,6	24,8	25,4	25,27	25,60	24,80
8	25	24,4	25,2	24,86	25,20	24,40
	24,8	24	25	24,60	25,00	24,00
9	24	23,6	24,8	24,13	24,80	23,60
	24	22	24,4	23,47	24,40	22,00
10	23,2	21,8	23	22,67	23,20	21,80
	22,6	21,4	22,2	22,06	22,59	21,40
11	22	21		21,50	21,99	21,00
	21,6	20,8		21,20	21,59	20,80
12	21			21,00	21,00	21,00
	20,8			20,80	20,80	20,80

Tabla 13 Comportamiento térmico de las pilas de compostaje con material 100% crudo

TRATAMIENTO 2 PARA LAS PILAS 90% MATERIAL CRUDO - 10% MATERIAL COCINADO						
CONTROL DE TEMPERATURA °C					$\sigma = 6,77$	
SEMANA	PILA 2	PILA 5	PILA 8	MEDIA	MÁX.	MÍN.
Acondicionamiento	29	30	29	29,33	30,00	29,00
Acondicionamiento	29,6	30,2	31,6	30,47	31,60	29,60
0	30,2	32,8	38,4	33,80	38,40	30,19
	32,6	36,6	42,2	37,12	42,20	32,57
1	37,6	38,4	43,6	39,86	43,60	37,59
	41,2	39,8	41	40,66	41,19	39,80
2	41,4	42,6	39,2	41,06	42,60	39,20
	35,6	44,8	36,2	38,87	44,80	35,60
3	32,4	38,8	35,8	35,66	38,80	32,39
	31,4	35,8	35	34,07	35,80	31,40
4	29,6	34,4	34	32,66	34,40	29,59
	27,6	29,8	29,6	29,00	29,80	27,60
5	27	27	29,4	27,80	29,40	27,00
	26	26,4	27	26,46	27,00	25,99
6	26	26,2	26,4	26,20	26,40	26,00
	26	26	26	26,00	26,00	25,99
7	25,6	25,4	25,4	25,47	25,60	25,40
	25,4	24	25,2	24,87	25,40	24,00
8	24	23,2	25	24,07	25,00	23,20
	23,2	23	24,8	23,67	24,80	23,00
9	23	23	24,4	23,47	24,40	23,00
	23	22,6	23	22,87	23,00	22,60
10	22,6	21,8	22,2	22,20	22,59	21,80
	21,8	21,2	22	21,67	22,00	21,20
11	20,8	21		20,90	21,00	20,80
	20,8	20,4		20,60	20,80	20,40
12	20			20,00	20,00	20,00
	20			20,00	19,99	19,99

Tabla 14 Comportamiento térmico de las pilas de compostaje con material 90% crudo Y 10% cocinado

TRATAMIENTO 3 PILAS 80% MATERIAL CRUDO - 20% MATERIAL COCINADO						
CONTROL DE TEMPERATURA °C					$\sigma = 6,62$	
SEMANA	PILA 3	PILA 6	PILA 9	MEDIA	MÁX.	MÍN.
Acondicionamiento	29	30	29	29,33	30,00	29,00
Acondicionamiento	29,6	30,8	32	30,80	32,00	29,60
0	30,4	34	37	33,80	37,00	30,40
	39,4	38	39	38,80	39,40	38,00
1	44,6	38,4	40,8	41,27	44,60	38,40
	39,6	39,6	42,4	40,53	42,40	39,60
2	34,8	44,4	39,4	39,53	44,40	34,80
	34,4	45	38,2	39,20	45,00	34,40
3	32	38,8	36,8	35,87	38,80	32,00
	30,6	36,6	36,2	34,47	36,60	30,60
4	29,8	34,8	33,6	32,73	34,80	29,80
	27,8	29,4	29,2	28,80	29,40	27,80
5	27,4	27,4	29	27,93	29,00	27,40
	26,8	26,8	28	27,20	28,00	26,80
6	26,4	26,4	27,8	26,87	27,80	26,40
	25,6	26	27	26,20	27,00	25,60
7	25,4	26	26,6	26,00	26,60	25,40
	25,2	25,6	25,6	25,47	25,60	25,20
8	25	25,4	24,8	25,07	25,40	24,80
	24,8	25,2	24	24,67	25,20	24,00
9	24,4	25	23,2	24,20	25,00	23,20
	24	24,8	22,4	23,73	24,80	22,40
10	23,6	24,4	22	23,33	24,40	22,00
	22	24	21,8	22,60	24,00	21,80
11	21,8	22,6		22,20	22,60	21,80
	20,8	20,8		20,80	20,80	20,80
12	20			20,00	20,00	20,00
	20			20,00	20,00	20,00

Tabla 15 Comportamiento térmico de las pilas de compostaje con material 80% crudo Y 20% cocinado

En este texto se explica como la variación en la temperatura refleja las etapas del comportamiento de los microorganismos, diferenciándose una primera etapa mesofílica, que ocurre en los primeros días del montaje; donde se alcanzan temperaturas que oscilan entre los 40-45°C; luego se desarrolla una etapa termófila cuando la acción microbiana sigue desarrollándose y se alcanzan temperaturas entre los 55 y 65°C, donde disminuye la población mesófila y se da paso a los organismos termófilos; finalmente se llega a una etapa de maduración

donde las condiciones de temperatura se tornan estables, en esta etapa se da lugar a organismos como nematodos, protozoarios, insectos y lombrices de tierra.

En las siguientes figuras observamos las curvas completas de temperatura correspondientes a los tres tratamientos de compostaje estudiados y que fueron realizadas a partir de las tablas anteriores. Esta variación de temperatura es sumamente importante ya que se puede utilizar no solo para determinar el grado de madurez del compostaje en desarrollo si no como evidencia de la actividad microbiana en el proceso, entendiéndose el compostaje como:

"un proceso biotecnológico que combina fases mesófilas y termófilas sumamente eficaz en la descomposición y estabilización de la materia orgánica como consecuencia de las actividades metabólicas combinadas de una amplia gama de microorganismos, cuyo crecimiento está condicionado por la temperatura de la masa, el porcentaje de humedad y la concentración de oxígeno" (Moreno & Moral, 2008, pág. 251)

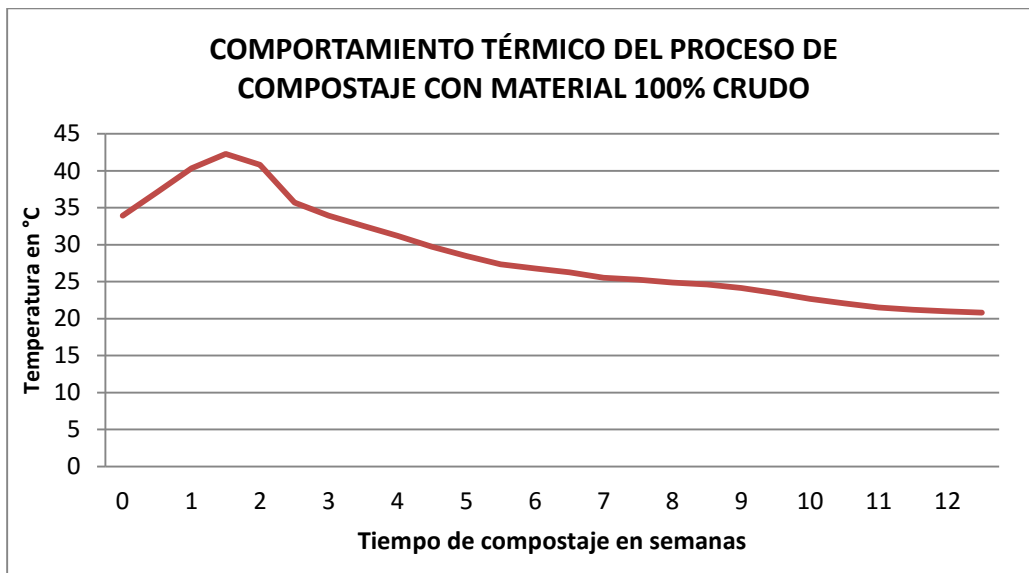


Figura 24 Comportamiento térmico del proceso de compostaje con material 100% crudo

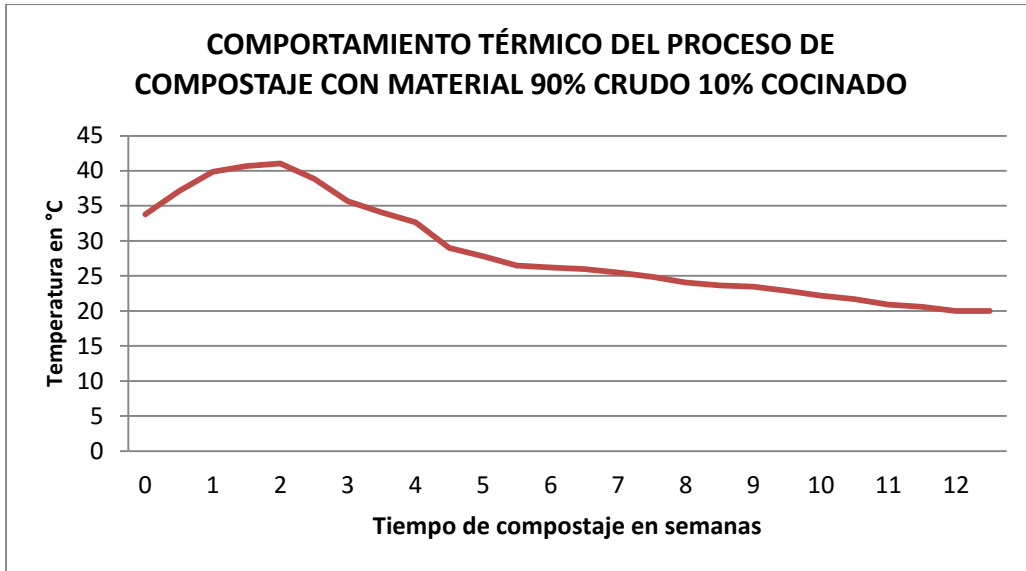


Figura 25 Comportamiento térmico del proceso de compostaje con material 90% crudo 10% cocinado durante las primeras tres semanas

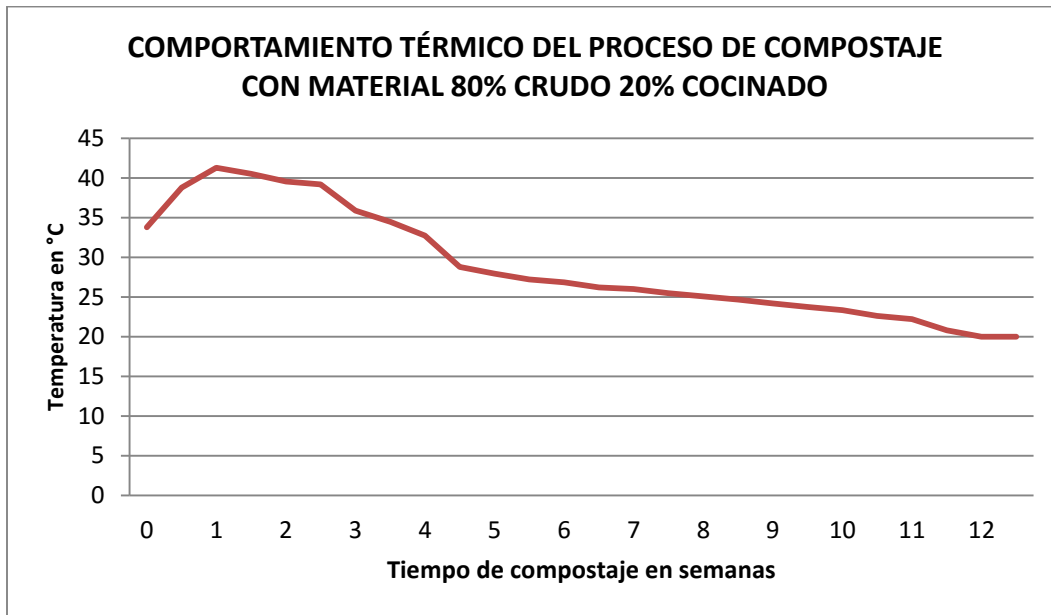


Figura 26 Comportamiento térmico del proceso de compostaje con material 80% crudo 20% cocinado durante las primeras tres semanas

Se debe dar especial atención al control de dichos factores pues la población de organismos que interfieren en el proceso se encuentra en constante variación lo que implica la aparición de diferentes sustratos y condiciones ecológicas.

Se observa en las Figura 25 y Figura 26 la primera etapa de elevación de la temperatura para los tres tratamientos, este ascenso inicial se debe entonces a la actividad de los microorganismos mesófilos que se encargan en ese momento de la descomposición de fuentes de C y N tales como los azúcares; encontrándose para los tres tratamientos graficados un elevamiento en la temperatura durante las primeras semanas con máximos típicos de 42,26°C, 41,06°C y 41,27°C para los tratamientos 1, 2 y 3 correspondientemente. Para la semana tres estaríamos esperando que continuara el ascenso en la temperatura, que sería la condición térmica para la aparición los microorganismos termófilos propios de esta etapa, marcando el primer cambio de población de microorganismos entrando en acción principalmente bacterias termófilas que descomponen fuentes más complejas de carbono como la lignina y la celulosa. De igual manera en esta etapa se daría la higienización del producto, pues se deberían obtener temperaturas por encima de los 55°C, esta condición térmica permite la "eliminación de bacterias y contaminantes de origen fecal como *Escherichia coli* y *Salmonella* spp. Igualmente, eliminan los quistes y huevos de helminto, esporas de hongos fitopatógenos y semillas de malezas que pueden encontrarse en el material de partida, dando lugar a un producto higienizado" (Román *et al.*, 2013).

Esta etapa no fue observada en el proceso y esto puede haber sido causado por diferentes motivos; por ejemplo un posible factor es humedad insuficiente lo que causa que los microorganismos disminuyan la actividad metabólica y por tanto, la temperatura baja; sin embargo las pilas contaban con buena humedad por lo que se descarta este factor; otra razón para que esto ocurra es que el material sea Insuficiente o la forma de la pila sea inadecuada para alcanzar la temperatura necesaria en este caso se podría haber añadido más material a la pila de compostaje; sin embargo las pilas fueron formadas y dispuestas según lo indica la literatura. La última razón considerada es un déficit de nitrógeno; si el material tiene una alta relación C:N y por lo tanto, los microorganismos no tienen el N suficiente para generar enzimas y proteínas y disminuyen o ralentizan su actividad lo que puede provocar que la pila demore en incrementar la temperatura más de

una semana la solución puede ser añadir material con alto contenido en nitrógeno como estiércol; sin embargo se el tratamiento con el que se procedió fue humedecer la pila con orina con el fin de aportar nitrógeno a la misma; aún así no se logró el pico de temperatura esperado y se continuó el descenso en la temperatura con la estabilización propia del producto que se determina no solo por la baja temperatura sino por las propiedades organolépticas del compost, pues este deja de oler a desechos y adquiere un olor a tierra, sin embargo el proceso de maduración del compost puede durar meses a temperatura ambiente en los cuales se producen reacciones de condensación polimerización de compuestos carbonados y formación de ácidos húmicos y fúlvicos.

6.2.7 Control de pH del proceso.

En cuanto al control de pH, se hizo uso del pH-metro, los análisis se realizaron una vez por semana durante todo el proceso, en los laboratorios de la Universidad Tecnológica de Pereira.



Figura 27 Control de pH.

En las siguientes tablas (Tabla 16, Tabla 17,

Tabla 18) se registran los datos para el control de pH de los tres tratamientos realizados para la obtención del compost; estos datos se tomaron al igual que los demás parámetros por triplicado de los cuales se obtuvieron las medias, máximos y mínimos y desviación estándar. A partir de estos datos se graficaron las curvas correspondientes al comportamiento del pH para los diferentes tratamientos donde se puede explicar la evolución de las pilas y suponer el característico cambio de sustrato para el proceso de compostaje.

Tabla 16 Control de pH para el tratamiento 1

TRATAMIENTO 1 MATERIAL 100% CRUDO						
SEMANA	CONTROL DE pH				$\sigma = 1,47$	
	PILA 1	PILA 4	PILA 7	MEDIA	MÁX.	MÍN.
1	5,39			5,39	5,39	5,39
2	6,04	6,15	5,88	6,02	6,15	5,88
4	9,50	9,44	9,07	9,34	9,50	9,07
5	9,00	9,19	8,94	9,04	9,19	8,94
6	8,92	8,87	8,65	8,81	8,92	8,65
7	8,77	8,65	8,47	8,63	8,77	8,47
9	8,65	8,52	8,39	8,52	8,65	8,39
11	8,45	8,34	8,25	8,35	8,45	8,25

Tabla 17 Control de pH para el tratamiento 2

TRATAMIENTO 2 MATERIAL 90% CRUDO 10% COCINADO						
SEMANA	CONTROL pH				$\sigma = 1,38$	
	PILA 2	PILA 5	PILA 8	MEDIA	MÁX.	MÍN.
1	5,37			5,37	5,37	5,37
2	6,13	6,37	6,05	6,18	6,37	6,05
4	9,18	9,09	9,15	9,14	9,18	9,09
5	8,77	8,76	8,85	8,79	8,85	8,76
6	8,89	8,68	8,68	8,75	8,89	8,68
7	8,63	8,55	8,58	8,59	8,63	8,55
9	8,51	8,43	8,28	8,41	8,51	8,28
11	8,20	8,29	8,23	8,24	8,29	8,20

Tabla 18 Control de pH para el tratamiento 3

TRATAMIENTO 3 MATERIAL 80% CRUDO 20% COCINADO						
SEMANA	CONTROL pH				$\sigma = 1,37$	
	PILA 3	PILA 6	PILA 9	MEDIA	MÁX.	MÍN.
1	5,66			5,66	5,66	5,66
2	6,22	5,98	6,13	6,11	6,22	5,98
4	9,79	9,38	9,11	9,43	9,79	9,11
5	8,96	9,06	8,66	8,89	9,06	8,66
6	8,85	8,72	8,51	8,69	8,85	8,51
7	8,70	8,62	8,43	8,58	8,70	8,43
9	8,68	8,60	8,36	8,55	8,68	8,36
11	8,44	8,42	8,19	8,35	8,44	8,19

Las curvas mostradas en las Figura 28, Figura 29 y Figura 30 representan la evolución del pH, observada en las diferentes pilas. El control de este parámetro es importante debido a su acción directa sobre la dinámica de los procesos microbianos. El pH afecta la disponibilidad de nutrientes para el crecimiento de las plantas, cuyo desarrollo se puede ver reducido bajo condiciones de acidez o basicidad extrema, es importante que el proceso se desarrolle bajo los parámetros típicos para lograr en el compost maduro valores cercanos a la neutralidad, es decir, con pH cercano a 7; sin embargo el rango de pH permitido por la norma para un producto que pueda estar a la venta para uso agrícola incluye un rango muy amplio.

El cambio de pH genera una acción directa sobre la dinámica de los procesos microbianos y afecta la disponibilidad de nutrientes para el crecimiento de las plantas, cuyo desarrollo se puede ver reducido bajo condiciones de acidez y basicidad extrema; de ahí, la importancia del control del proceso para lograr en el compost maduro valores cercanos a la neutralidad, es decir, con pH cercano a 7.

En las Figura 28, Figura 29 y Figura 30, se observa que desde el inicio del compostaje se da un aumento aunque leve en el pH durante las dos primeras semanas con valores entre 5.0 y 6.5 (ligeramente ácido), esto debido a la liberación de ácidos orgánicos pues los residuos de frutas en su proceso de transformación

provocan liberaciones de ácidos orgánicos y acidificación del medio, se debe tener en cuenta, que en el material compostado se encontraban restos de cítricos como cascara de naranja, limones y mandarinas; las cuales podrían ser factor importante de estos resultados ya que estos residuos son ricos en ácidos orgánicos. se puede decir que en este punto el compostaje se encuentra en la fase mesofílica; donde se genera una descomposición de compuestos solubles como son los azúcares los cuales producen ácidos orgánicos, lo que genera estas disminuciones en el pH, esta fase dura poco entre 2 y 8 días (Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos, 2014).

Posteriormente se observó un aumento más brusco en el pH en la semana 4 dando valores entre 9,09 y 9,79 para las tres pilas, en este punto se produce una progresiva alcalinización del medio, que podría ser explicada por la pérdida de los ácidos orgánicos y la generación de amoníaco procedente de la descomposición de las proteínas esperada para esta fase del proceso (Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos, 2014).

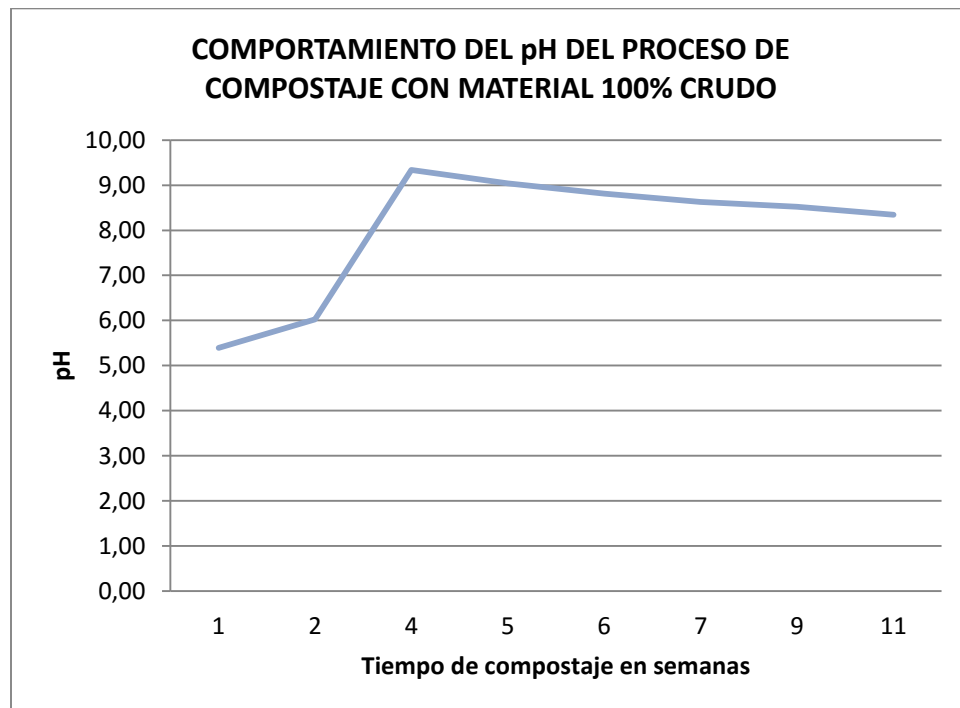


Figura 28 Curva de comportamiento de pH para el tratamiento 1

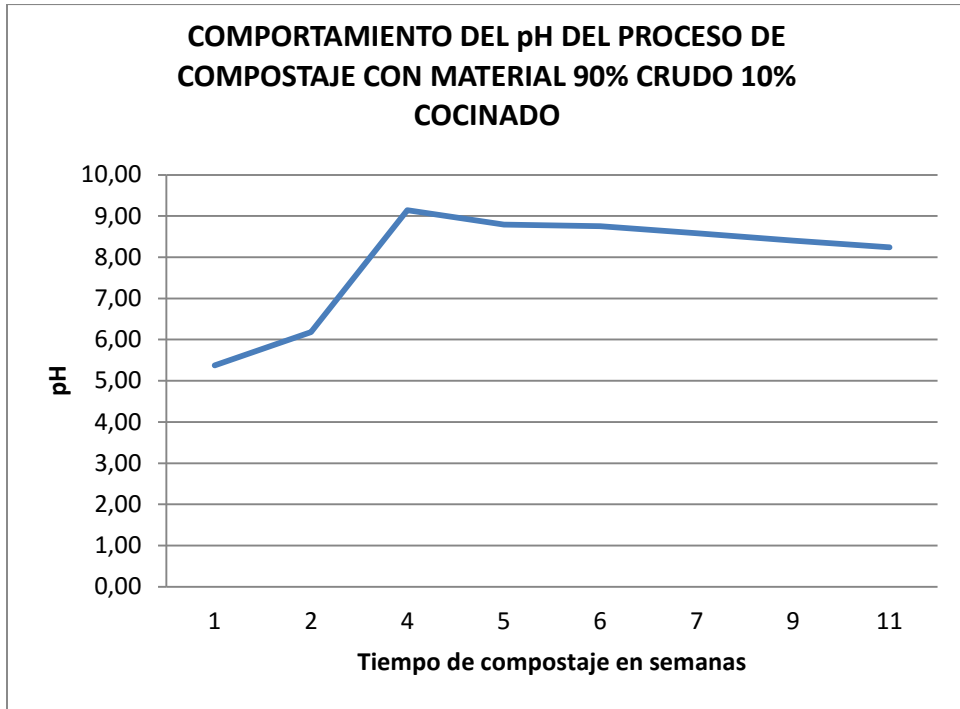


Figura 29 Curva de comportamiento de pH para el tratamiento 2

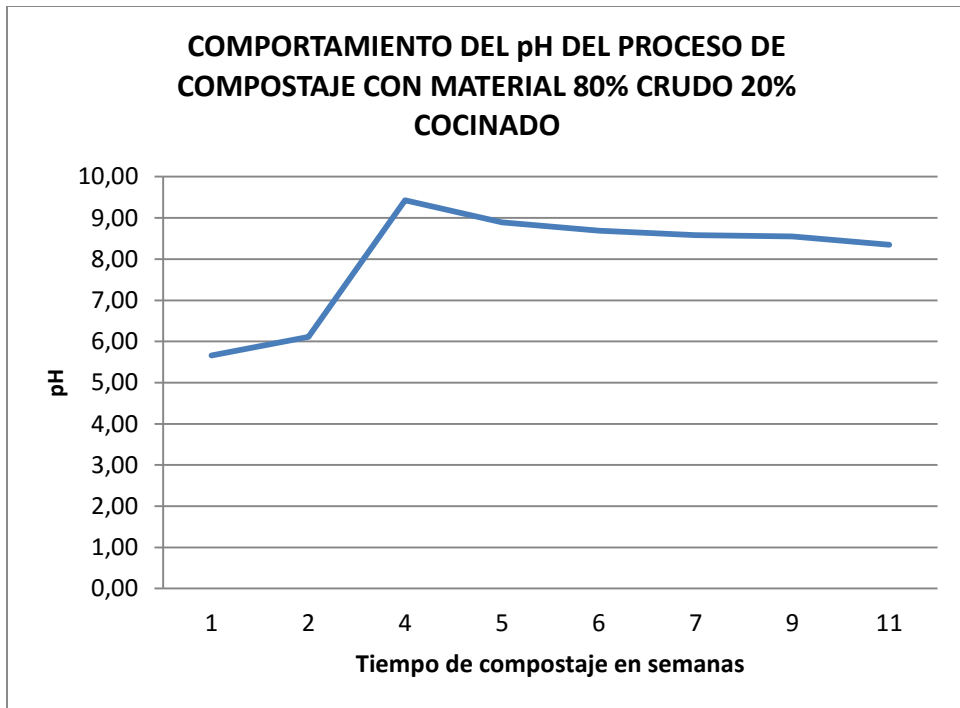


Figura 30 Curva de comportamiento de pH para el tratamiento 3

Después de esto las pilas en simultáneo con la fase de enfriamiento entra también en una fase de descenso de pH, en general descienden levemente pero aun manteniéndose en una fase alcalina, para este punto del proceso obtuvimos datos entre (8,68 y 8,47), durante esta fase las fuentes de carbono se van agotando como es el caso del nitrógeno, pero a su vez continúa la degradación de polímeros como la celulosa por lo cual esta fase requiere de varias semanas.

Por último las pilas entran a un proceso de maduración durante el cual se producen reacciones secundarias de polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos (Román, Martínez, & Pantoja, 2013). Como resultados finales se observan parámetros entre 8,44 y 8,19 los cuales encajan en el amplio rango de pH permisible para el compostaje determinado por la norma (RAS, 2000).

- **Condiciones del producto de compostaje obtenido para cada tratamiento.**

6.2.8 Tamizado.

Una vez terminado el proceso del compostaje, se procedió al tamizado con el fin de dejar pasar las partículas más pequeñas del producto y dejar sobre el tamiz las partículas de mayor tamaño que pueden perjudicar el compostaje en términos de presentación y eficiencia.

En la Figura 31 se muestra el proceso de tamizado y pesaje que le permite al producto un mejor rendimiento, productividad y eficiencia; teniendo en cuenta que se trata de un ejercicio de viabilidad económica, efectividad ecológica y de educación para la realización y consumo de compost en los cultivos locales.



Figura 31 Pesaje del producto terminado

En las Tabla 20, Tabla 21, Tabla 22, se observan las variaciones de peso que existen entre el producto tamizado y el producto sin tamizar para cada una de las pilas y en la Tabla 19 se muestran los pesos totales del proceso.

Tabla 19 Pesos totalizados de composta sin tamizar, tamizada y residuo obtenido del proceso

PESO DE MATERIAL COMPOSTADO (Kg)	
TOTAL	305,12
TAMIZADO	298,79
RESIDUO	6,33

Estos datos fueron registrados con el fin de comparar el rendimiento en términos de cantidad de composta producida por cada uno de los tres tratamientos.

Tabla 20 Rendimiento del compostaje para el Tratamiento 1

TRATAMIENTO 1 MATERIAL CRUDO 100%			RENDIMIENTO
PILA	PESO DEL COMPOST (Kg)		
	SIN TAMIZAR	TAMIZADO	
1	35	34,08	97,37%
4	34,55	32,95	95,37%
7	35,4	35,04	98,98%
PROMEDIO			97,24%

Tabla 21 Rendimiento del compostaje para el Tratamiento 2

TRATAMIENTO 2 MATERIA CRUDO 90% - MATERIAL COCINADO 10%			RENDIMIENTO
PILA	PESO DEL COMPOST (Kg)		
	SIN TAMIZAR	TAMIZADO	
2	35,15	34,55	98,29%
5	30,29	29,27	96,63%
8	34,97	33,9	96,94%
PROMEDIO			97,29%

Tabla 22 Rendimiento del compostaje para el Tratamiento 3

TRATAMIENTO 3 MATERIAL CRUDO 80% - MATERIAL COCINADO 20%			RENDIMIENTO
PILA	RENDIMIENTO		
	RENDIMIENTO	TAMIZADO	
3	34,05	33,08	97,15%
6	33,15	32,43	97,83%
9	34,88	33,98	97,42%
PROMEDIO			97,47%

Como se observa en las tablas anteriores el rendimiento del proceso es aproximadamente igual para los tres tratamientos obteniéndose promedios de 97.24%, 97.29% y 97.47% para los tratamientos 1, 2 y 3 respectivamente.

6.2.9 Comparación entre los tres tratamientos propuestos mediante los parámetros finales de la composta obtenida.

Con el fin de determinar si existen o no diferencias marcadas sobre la eficiencia del proceso al trabajar con los tres diferentes tratamientos para el compostaje propuestos (material crudo 100%, material crudo 90% - material cocinado 10% y material crudo 80% - material cocinado 20%) se realizaron análisis de fertilidad de suelos, humedad y pH a los productos obtenidos y se compilaron en las tablas 23, Tabla 24, Tabla 25, con el fin de verificar mediante análisis estadístico descriptivo de los datos y pruebas no paramétricas la hipótesis propuesta de que no existe

una diferencia estadísticamente significativa para los resultados de los parámetros en estudio entre los tres tratamientos realizados.

Tabla 23 Compilación de los parámetros finales determinados para las pilas correspondientes al Tratamiento 1 por el laboratorio de análisis químicos de suelos y foliares de la Universidad Tecnológica de Pereira

TRATAMIENTO 1 MATERIAL 100% CRUDO						
PARÁMETRO	PILA 1	PILA 4	PILA 7	MEDIA	MÁX.	MÍN.
Humedad (%)	33	20	36	29,67	36	20
pH	8	8,1	8	8,03	8,1	8
N (%)	0,51	0,48	0,6	0,53	0,6	0,48
M.O (%)	13,3	12,4	16,9	14,20	16,9	12,4
K (meq/100g suelo)	5,2	5,4	5,5	5,37	5,5	5,2
Ca (meq/100g suelo)	59	56	59	58,00	59	56
Mg (meq/ 100g suelo)	3	3	3	3,00	3	3
P (ppm)	1	2	3	2,00	3	1
Relación C/N (%)	15,3	15,1	16,3	15,57	16,3	15,1

Tabla 24 Compilación de los parámetros finales determinados para las pilas correspondientes al Tratamiento 2 por el laboratorio de análisis químicos de suelos y foliares de la Universidad Tecnológica de Pereira

TRATAMIENTO 2 MATERIAL CRUDO 90 % - COCINADO 10 %						
PARÁMETRO	PILA 2	PILA 5	PILA 8	MEDIA	MÁX.	MÍN.
Humedad (%)	27	16	25	22,67	27	16
pH	8,2	7,7	8,2	8,03	8,2	7,7
N (%)	0,49	0,51	0,49	0,50	0,51	0,49
M.O (%)	12,8	13,3	12,8	12,97	13,3	12,8
K (meq/ 100g suelo)	5,1	5	5,2	5,10	5,2	5
Ca (meq/ 100g suelo)	59	59	57	58,33	59	57
Mg (meq/ 100g suelo)	3	3	3	3,00	3	3
P (ppm)	1	1	1	1,00	1	1
Relación C/N (%)	15,2	15,3	15,2	15,23	15,3	15,2

Tabla 25 Compilación de los parámetros finales determinados para las pilas correspondientes al Tratamiento 3 por el laboratorio de análisis químicos de suelos y foliares de la Universidad Tecnológica de Pereira

TRATAMIENTO 3. MATERIAL CRUDO 80 % - COCINADO 20 %						
PARÁMETRO	PILA 3	PILA 6	PILA 9	MEDIA	MÁX.	MÍN.
Humedad (%)	28	23	34	28,33	34	23
pH	8	8,1	8,1	8,07	8,1	8
N (%)	0,46	0,54	0,53	0,51	0,54	0,46
M.O (%)	11,6	14,5	14,1	13,40	14,5	11,6
K (meq/ 100g suelo)	5	5,4	5,1	5,17	5,4	5
Ca (meq/ 100g suelo)	60	49	51	53,33	60	49
Mg (meq/ 100g suelo)	3	3	3	3,00	3	3
P (ppm)	1	2	1	1,33	2	1
Relación C/N (%)	14,8	15,6	15,5	15,30	15,6	14,8

Finalmente se configuró la siguiente tabla que condensa todos los parámetros de los productos obtenidos a través de los distintos tratamientos de compostaje para analizar si existe diferencia estadísticamente significativa entre los parámetros finales obtenidos para cada tratamiento.

Tabla 26 Datos condensados para el análisis estadístico

PARÁMETROS FINALES									
TRATAMIENTO	HUMEDAD	pH	N	M.O	K	Ca	Mg	P	C/N
1	33	8	0,51	13.3	5.2	59	3.0	1	15.3
1	20	8,1	0,48	12.4	5.4	56	3.0	2	16.3
1	36	8	0,6	16.9	5.5	59	3.0	3	16.3
2	27	8,2	0.49	12.8	5.1	59	3.0	1	15.2
2	16	7,7	0.51	13.3	5.0	59	3.0	1	15.3
2	25	8,2	0.49	12.8	5.2	57	3.0	1	15.2
3	28	8	0.46	11.6	5.0	60	3.0	1	14.8
3	23	8,1	0.54	14.5	5.4	49	3.0	2	15.6
3	34	8,1	0.53	14.1	5.1	51	3.0	1	15.5

Mediante herramienta estadística Infostat se realizó un análisis de varianza mediante la prueba de LSD Fisher analizando las medias para los diferentes tratamientos de compostaje por pares y determinar así si existe algún par de medias diferentes; para esto, se comprobaron los supuestos de normalidad y homocedasticidad de los datos.

Se utilizó el test de Shapiro Wilks para contrastar la normalidad del conjunto de datos analizados. La hipótesis nula H_0 es: La población está distribuida normalmente, si el p-valor es menor a alfa (nivel de confianza) entonces la hipótesis nula es rechazada (se concluye que los datos no vienen de una distribución normal). Si el p-valor es mayor a alfa, no se rechaza la hipótesis y se concluye que los datos siguen una distribución normal.

Los estadísticos arrojados por la herramienta Infostat se encuentran referenciados en la Tabla 71. Donde se observa que para un nivel de significancia de 0.05 todos los parámetros cumplen con el supuesto de normalidad.

Para comprobar la homocedasticidad de los datos se aplicó el test de Levene obteniéndose un p-valor $<0,005$ que valida la H_0 : No hay diferencias significativas en las varianzas es decir los residuos son homocedásticos.

Finalmente se procede a la aplicación de la prueba de LSD Fisher obteniéndose los resultados registrados en la Tabla 72a la Tabla 81 del Anexo 6 que comprenden los resultados de análisis de varianza y test de LSD Fisher para los parámetros de humedad, pH, Nitrógeno, Materia Orgánica, Potasio, Calcio, Magnesio y relación C/N comparados por tratamiento de compostaje.

La H_0 : Las medias no son significativamente diferentes, la cual se acepta para todos los parámetros.

A partir de este análisis podemos decir que aunque se puede inferir intuitivamente una obtención de parámetros de fertilidad más altos para los tratamientos con menos o ningún material cocinado incluido, en realidad la diferencia no es

Estadísticamente significativa. Sin embargo como ya se había mencionado antes en el análisis del comportamiento de la temperatura, el proceso de compostaje no fue completo; por lo tanto se podrían hacer ensayos con compostajes completos para obtener productos estables y valorar si en este tipo de procesos se encuentran diferencias significativas para los tratamientos estudiados.

6.2.10 Comparación entre los parámetros finales de la composta obtenida y los parámetros exigidos por la norma.

En la Tabla 27 se muestran los parámetros obtenidos para el producto compostado y los exigidos por la norma, con el fin de comparar la calidad de la composta producida mediante cada tratamiento.

Tabla 27 Comparación entre las medias de los parámetros obtenidos para los diferentes tratamientos y los parámetros exigidos por la norma

PARÁMETRO	EXIGENCIA DE LA NORMA	TRATAMIENTO 1	TRATAMIENTO 2	TRATAMIENTO 3
Humedad (%)	<= 20 Categoría A <= 25 Categoría B	29,67	22,67	28,33
pH	4.0<pH<9.0	8,03	8,03	8,07
N (%)	Declararlos si es mayor a 1,0 %	0,53	0,50	0,51
M.O (%)	> 20 %	14,20	12,97	13,40
K (meq/ 100g suelo)	Declararlos si es mayor a 0,5%	5,37	5,10	5,17
Ca (meq/ 100g suelo)	No especifica la norma	58,00	58,33	53,33
Mg (meq/ 100g suelo)	No especifica la norma	3,00	3,00	3,00
P (ppm)	Declararlos si es mayor a 1,0 %	2,00	1,00	1,33
Relación C/N (%)	15:1- 35:1	15,57	15,23	15,30

El compost obtenido no se puede considerar como fuente de Nitrógeno debido a que posee menos del 1% y la norma (RAS, 2000). No permite declarar este contenido cuando este es menor a 1%, sin embargo es una fuente rica en fósforo, potasio y magnesio; manejando valores alrededor del 5% para K, entre 1% - 3% para fósforo y 3% Mg, así que según la clasificación del RAS 2000 el compost obtenido debe

manejarse como un material que permite el acondicionamiento de suelos y no como un abono orgánico.

6.3 Fase tres: Estudio de factibilidad económica y financiera.

A través del método de proyección de proyectos y análisis financiero propuesto por Pareja y Dávila (2014), el cual está compuesto por la interpretación de la inversión inicial, los ingresos de operación, cálculo de costos del recurso humano, costos operativos, gastos de administración y ventas, cálculo de depreciación, flujo de efectivo proyectado, balance presupuestado y estado de resultados.

Se pretende una proyección estimada a cinco años que permita la toma de decisiones en relación a la viabilidad de la idea de negocio de producción de composta a base de residuos sólidos orgánicos cocidos y no cocidos, en este sentido se trataría de una idea de negocio con enfoque ambientalista y compromiso social que debe estar sustentado en un análisis financiero que 6.3.2 Plan de inversión del proyecto.

Con el fin de apertura del proceso de producción es importante realizar una serie de inversiones fijas, las mismas se componen de indicadores como el transporte, verificación y adecuación de los sitios de almacenamiento, adecuación y elaboración de las pruebas piloto, los materiales e insumos.

El valor de esta inversión fija es de \$ 871.000 pesos, que se muestran en la tabla 29, la cual presenta a continuación con valores en miles de pesos. Además de las licencias de funcionamiento y el valor del capital del trabajo e inversión circundante.

Al mismo tiempo con el desarrollo de este análisis se da respuesta al cuestionamiento del objetivo específico número tres, donde se estima la viabilidad económica de la producción de compost, versus el costo del manejo de los residuos sólidos en el relleno sanitario la Glorita de la ciudad de Pereira.

La financiación del proyecto estuvo 100% en manos de los gestores del proyecto de modo que no es necesaria una fuente de financiación.

6.3.1 Análisis de fuentes de financiación.

Tabla 28 Fuentes de financiación

FINANCIACIÓN DEL PROYECTO		INVERSIÓN
Recursos Propios	100%	\$ 2.967.200
Obligación Financiera	0%	
Total Inversión	100%	\$ 2.967.200

El total de inversión en recursos propios es de dos millones novecientos sesenta y siete mil doscientos pesos (\$ 2.967.200).

6.3.2 Plan de inversión del proyecto.

Con el fin de apertura del proceso de producción es importante realizar una serie de inversiones fijas, las mismas se componen de indicadores como el transporte, verificación y adecuación de los sitios de almacenamiento, adecuación y elaboración de las pruebas piloto, los materiales e insumos.

El valor de esta inversión fija es de \$ 871.000 pesos, que se muestran en la tabla 29, la cual presenta a continuación con valores en miles de pesos. Además de las licencias de funcionamiento establecidas por el ICA y el valor del capital del trabajo e inversión circundante.

Tabla 29 Plan de inversión en miles de pesos

COMPOST FUTURO				
PLAN DE INVERSIÓN PROYECTO				
CIFRAS EXPRESADAS EN MILES DE PESOS				
DESCRIPCIÓN	PERIODO			
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	TOTAL AÑO
Inversión Fija				
Maquinaria y Equipos	\$ 871.000			\$ 871.000
Muebles y Enseres				\$ 0
Total Inversión Fija	\$ 871.000	\$ 0	\$ 0	\$ 871.000
Inversión Diferida				\$ 0

COMPOST FUTURO				
PLAN DE INVERSIÓN PROYECTO				
CIFRAS EXPRESADAS EN MILES DE PESOS				
DESCRIPCIÓN	PERIODO			
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	TOTAL AÑO
Total Inversión Diferida	\$ 120.000	\$ 0	\$ 0	\$ 120.000
<u>Inversión Circulante</u>				
Capital de trabajo	\$ 1.233.000	\$ 369.000	\$ 369.000	\$ 1.971.000
Total Inversión Circulante	\$ 1.233.000	\$ 369.000	\$ 369.000	\$ 1.971.000
TOTAL INVERIONES	2.224.000	369.000	369.000	\$ 2.962.000

Teniendo en cuenta que las pruebas piloto se refirió a un tiempo de 3 meses, el costo del proyecto fue por un valor de \$ 2.962.000, así bien se construyó cercas, y estanterías para la actividad del compost y el procesamiento por valor de \$871.000 el excedente hace referencia al capital de trabajo, tomando el valor de \$120.000 para software de operación de cuentas y control del proyecto el cual debe estar reflejado en las cuentas de licencias.

El valor de \$ 369.000 en los meses siguientes se toma como capital de trabajo (mano de obra), que durante las pruebas se invirtió en el proyecto, es de entender que el plan de inversión del proyecto se basa en la prueba realizada con el cual se toma como base para proyectar un posible proyecto sostenible.

6.3.3 Costeo de mano de obra.

Compost-futuro contará con dos empleados en su nómina para la realización del compostaje y su proceso administrativo, cada uno recibirá un salario mínimo mensual con sus respectivos pagos de ley, como se muestra en la tabla 30.

Tabla 30 Planta de Personal

PLANTA DE PERSONAL INICIAL SEGÚN ESTUDIO TÉCNICO			
PERSONAL ADMINISTRATIVO	SALARIO INICIAL	AUXILIO TRANSPORTE	MESES AÑO 1
OPERARIO	\$ 737.717	\$ 83.140	12
OPERARIO	\$ 737.717	\$ 83.140	12

En la tabla 31 se muestra el pago de parafiscales y términos de ley para el personal de producción tomando dos empleados para el ejercicio siendo necesario que dos personas se encarguen de la parte operativa y distribución, constituyendo este un costo operativo proyectado a los cinco primeros años de funcionamiento de la idea de negocio, para un total anual inicial de diez y siete millones setecientos cinco mil doscientos ocho pesos (\$ 17.705.208).

El costo operativo por los dos empleados (total de nómina) anual es de veintisiete millones, ciento cincuenta y nueve mil, setecientos setenta y dos pesos (\$27.159.772), al año cinco, el total sería treinta y cuatro millones setecientos ocho mil doscientos setenta y uno pesos. (\$ 34.708.271), que se les pagaría a los dos operarios.

Tabla 31 Nómina personal

NOMINA PARA EL PERSONAL DE PRODUCCIÓN					
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Sueldos Básicos					
OPERARIO	\$ 737.717	\$ 785.669	\$ 836.737	\$ 891.125	\$ 949.048
OPERARIO	\$ 737.717	\$ 785.669	\$ 836.737	\$ 891.125	\$ 949.048
Total Mensual	\$ 1.475.434	\$ 1.571.337	\$ 1.673.474	\$ 1.782.250	\$ 1.898.096
Total Anual	\$ 17.705.208	\$ 18.856.047	\$ 20.081.690	\$ 21.386.999	\$ 22.777.154
Prestaciones					
Cesantía (mes)	\$ 122.952	\$ 130.944	\$ 139.456	\$ 148.520	\$ 158.174
Intereses de Cesantía (mes)	\$ 1.230	\$ 1.309	\$ 1.395	\$ 1.485	\$ 1.582
Vacaciones (mes)	\$ 61.526	\$ 65.525	\$ 69.784	\$ 74.320	\$ 79.151
Prima de Servicios	\$ 122.952	\$ 130.944	\$ 139.456	\$ 148.520	\$ 158.174
Total Prestaciones Sociales mes	\$ 308.660	\$ 328.723	\$ 350.090	\$ 372.845	\$ 397.080
Total Anual	\$ 3.687.995	\$ 3.944.672	\$ 4.201.076	\$ 4.474.146	\$ 4.764.965
Parafiscales y					
Aporte en Salud EPS	\$ 125.412	\$ 133.564	\$ 142.245	\$ 151.491	\$ 161.338
Aporte en Pensión	\$ 177.052	\$ 188.560	\$ 200.817	\$ 213.870	\$ 227.772
ARP (mes)	\$ 11.803	\$ 12.571	\$ 13.388	\$ 14.258	\$ 15.185
Total aportes Patronales	\$ 314.267	\$ 334.695	\$ 356.450	\$ 379.619	\$ 404.294
Total Anual	\$ 3.771.209	\$ 4.016.338	\$ 4.277.400	\$ 4.555.431	\$ 4.851.534

NOMINA PARA EL PERSONAL DE PRODUCCIÓN					
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Auxilio de					
Auxilio de	\$ 166.280	\$ 192.885	\$ 192.885	\$ 192.885	\$ 192.885
Total año	\$ 1.995.360	\$ 2.314.618	\$ 2.314.618	\$ 2.314.618	\$ 2.314.618
Total Mensual	\$ 2.264.641	\$ 2.427.640	\$ 2.572.899	\$ 2.727.599	\$ 2.892.356
TOTAL OPERACIÓN	\$ 27.159.772	\$ 29.131.674	\$ 30.874.783	\$ 32.731.194	\$ 34.708.271

Tabla 32 Total nómina a cinco años

TOTAL NOMINA	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
	\$ 27.159.772	\$ 29.131.674	\$ 30.874.783	\$ 32.731.194	\$ 34.708.271

Los términos de contratación de estos dos empleados se realizarán bajo la modalidad de labor contratada de manera que podrán realizar las labores asignadas desde el proceso de recolección, separación, realización de las pilas y monitoreo de las mismas, hasta que el compost se encuentre listo para la venta y utilización para enmienda.

6.3.4 Gastos administración y ventas.

Es importante resaltar que los gastos administrativos constituyen aquellas obligaciones sobre las cuales se tienen que incurrir periódicamente para apoyar la operación del proyecto.

Los gastos que se muestran en la tabla 33, dejan ver los gastos de personal por año, los honorarios del contador, los gastos de papelería y otros, para tener un total de \$ 1.800.000 durante el primer año y \$ 2.315.639 para el año cinco.

Tabla 33 Gastos

PROYECCIÓN DE LOS GASTOS DE ADMINISTRACIÓN Y VENTAS					
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Honorarios Contador	\$ 1.200.000	\$ 1.278.000	\$ 1.361.070	\$ 1.449.540	\$ 1.543.760
Gastos papelería y otros	\$ 600.000	\$ 639.000	\$ 680.535	\$ 724.770	\$ 771.880
Total Costos	\$ 1.800.000	\$ 1.917.000	\$ 2.041.605	\$ 2.174.309	\$ 2.315.639

Como se menciona anteriormente no tenemos personal de administración, pero si debe existir un contador para el manejo legal de la empresa y los gastos de papelería para el cobro y manejo de la información para el control del compost y evidencia física.

6.3.5 Ingresos operativos.

Los ingresos por operaciones que se muestran en la tabla a continuación dejan ver las ganancias al año por la venta del compost en presentación kilo y en presentación bulto, con un volumen de ventas por año de 9600 kilos y 2000 bultos, para obtener ingresos de 48.640.000 pesos en el primer año y de 91.614.188 para el año cinco, con un incremento en la producción de 14.055 kilos y 2.928 bultos.

Teniendo en cuenta que la prueba piloto nos arroja un promedio de 300 kilos de compost, se realizó un ejercicio de proyección, teniendo los mismos costos y gastos de los tres meses pero utilizando el máximo de ocupación del lugar, sabiendo que no se utilizó este espacio en su totalidad, lo mismo con el tiempo de los empleados al realizar el ejercicio nos arroja un promedio de 5810 kilos de compost en su máxima utilidad de tiempo y costo.

Es por eso que se divide de la siguiente manera 800 kilos por bolsa 167 kilos para bulto de 30 kilogramos, los precios de venta se basan en el mínimo de venta para el compost que según diferentes investigaciones en viveros del sector nos da 1200 kilo como máximo y 900 como mínimo así mismo para los bultos.

Tabla 334 Ingresos operativos

DESCRIPCIÓN	HORIZONTE DEL PROYECTO (VOLUMEN DE VENTAS)					
	INGRESOS					
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	TOTAL
Compost bolsa	9.600	10.560	11.616	12.778	14.055	
Compost bultos	2.000	2.200	2.420	2.662	2.928	
Precios de Ventas						
Compost bolsa	\$ 900	\$ 959	\$ 1.021	\$ 1.087	\$ 1.158	\$ 5.124
Compost bultos	\$ 20.000	\$ 21.300	\$ 22.685	\$ 24.159	\$ 25.729	\$ 113.873
Compost bolsa	\$8.640.00	\$10.121.7	\$11.857.6	\$13.891.2	\$16.273.5	\$60.784.20
	0	60	42	27	73	2
Compost bultos	\$40.000.0	\$46.860.0	\$54.896.4	\$64.311.2	\$75.340.6	\$281.408.3
	00	00	90	38	15	43
Total Ingresos de operación	\$48.640.000	\$56.981.760	\$66.754.132	\$78.202.465	\$91.614.188	\$342.192.546

Las unidades son incrementadas año a año por un 10% más que la producción anterior, asumida como estándar en las proyecciones, siendo este diferente al precio de venta ya establecido en un 6,5%.

6.3.6 Depreciación.

Las depreciaciones son desgaste natural del material y equipo es decir bienes muebles o tangibles, por el método de línea directa equivale al 10% para 10 años como acá esta solo reflejado en 5 es por eso que al año 5 todavía tiene saldo.

Teniendo en cuenta que la depreciación solo se aplicaría en la maquinaria y equipo pertinente para el proceso de producción, se presume una depreciación de 87.100 pesos, que corresponde a canastillas, estantería y palas como se muestra en la tabla 35.

Tabla 35 Depreciación

DEPRECIACIONES Y AMORTIZACIONES					
OPERACIÓN	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Maquinaria y Equipos	\$ 87.100	\$ 87.100	\$ 87.100	\$ 87.100	\$ 87.100
Total Depreciación Operación	\$ 87.100	\$ 87.100	\$ 87.100	\$ 87.100	\$ 87.100
ADMINISTRACIÓN					
Equipos Administrativa	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Muebles y Enseres	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0

DEPRECIACIONES Y AMORTIZACIONES					
OPERACIÓN	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Total Depreciación Administra	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Total Gastos por Depreciación	\$ 87.100	\$ 87.100	\$ 87.100	\$ 87.100	\$ 87.100
AMORTIZACIÓN DE DIFERIDOS					
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Licencias y trámites legales	\$ 24.000	\$ 24.000	\$ 24.000	\$ 24.000	\$ 24.000

Las amortizaciones son aplicadas a bienes intangibles pero que no posee el mismo costo como son la licencia de comercialización y el permiso de cámara y comercio y el registro en el ICA

Para la comercialización legal de cualquier fertilizante en Colombia, se requiere una licencia expedida por el ICA una vez esta institución analiza el producto y sus efectos en una muestra de cultivos.

Desde el momento de presentar la solicitud, acompañada de la muestra de abono, hasta la expedición de la licencia, el ICA dispone de seis meses. Cabe anotar que en el transcurso de este tiempo, el producto se puede comercializar bajo licencia en trámite.

Otro requisito exigido por el ICA, es una certificación del INCONTEC (Instituto Colombiano de Normas Técnicas) donde conste que el producto cumple ciertas especificaciones de humedad, densidad, etc., para tal efecto es necesario también enviar una muestra a esta institución.

6.3.7 Costos operativos.

En cuanto a los costos operativos constituyeron la sumatoria entre los gastos de personal y los jornales diarios, aquellas contrataciones que se harán por obra labor y que se refieren al cumplimiento de requerimientos de contador, secretaria, transporte y mano de obra específica para algunas fases del proceso, como se muestra en la tabla número 36.

Los servicios públicos se refieren sobre todo al riego en el invernadero, el arrendamiento del terreno donde se realizará la operación, y la dotación como

overol, guantes, botas y tapabocas para el operario o a quien tenga ingreso a la zona de compost.

Tabla 36 Costos de Operación

PROYECCIÓN DE LOS COSTOS DE OPERACIÓN					
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Gastos de personal	\$ 27.159.772	\$ 29.131.674	\$ 30.874.783	\$ 32.731.194	\$ 34.708.271
Jornales varios	\$ 13.200.000	\$ 14.058.000	\$ 14.971.770	\$ 15.944.935	\$ 16.981.356
Adecuación y mantenimiento	\$ 1.200.000	\$ 1.278.000	\$ 1.361.070	\$ 1.449.540	\$ 1.543.760
Servicios Públicos	\$ 312.000	\$ 332.280	\$ 353.878	\$ 376.880	\$ 401.378
Arriendos	\$ 1.440.000	\$ 1.533.600	\$ 1.633.284	\$ 1.739.447	\$ 1.852.512
Dotación	\$ 1.548.000	\$ 1.648.620	\$ 1.755.780	\$ 1.869.906	\$ 1.991.450
Muestras de laboratorio	\$ 4.676.000	\$ 4.979.940	\$ 5.303.636	\$ 5.648.372	\$ 6.015.517
Depreciación Operativa	\$ 87.100	\$ 87.100	\$ 87.100	\$ 87.100	\$ 87.100
Total Costos	\$ 49.622.872	\$ 53.049.214	\$ 56.341.302	\$ 59.847.375	\$ 63.581.342

Los análisis de laboratorio serán realizados a cada producción que se saca cada 3 meses, el valor pagado del trimestre es de 1.169.000 pesos, en un promedio de cuatro pruebas al año equivalen a \$4.676.000 pesos.

6.3.8 Materia prima e insumos.

La materia prima está conformada por los residuos sólidos orgánicos y cocidos que se recolectaron de doce instituciones educativas del casco urbano del Municipio de Santa Rosa de Cabal.

Tabla 37 Materia prima e insumos

COMPRA DE MATERIA PRIMA E INSUMOS					
VOLUMEN DE COMPRA					
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Residuos Crudos	9667	10296	10965	11677	12437
residuos Cocinados	3280	3494	3721	3963	4220
PRECIO DE COMPRA					
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Residuos Crudos	\$ 349	\$ 372	\$ 396	\$ 422	\$ 449
residuos Cocinados	\$ 127	\$ 135	\$ 144	\$ 153	\$ 163
TOTAL EGRESOS					
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Residuos Crudos	\$ 3.373.853	\$ 3.826.708	\$ 4.340.348	\$ 4.922.931	\$ 5.583.712
residuos Cocinados	\$ 416.621	\$ 472.542	\$ 535.969	\$ 607.909	\$ 689.506
Total Compras	\$ 3.790.474	\$ 4.299.250	\$ 4.876.317	\$ 5.530.841	\$ 6.273.218

En el volumen de compra de los residuos crudos y cocinados fueron basados en las pruebas piloto es decir, se proyectó lo recolectado con la optimización del espacio, más recorridos y más rotación de los productos, valores anualizados y aumentados con los estándares 6,5% Crecimiento en precios de Costo de Producción.

En el precio de compra se utilizó el costo de la prueba piloto de manera proporcional a valores unitarios -y de esa forma se proyecta los costos de materia prima, porque si bien no se pagaron en este, se debe cuantificar para efectos de proyección de un ejercicio productivo y los porcentajes fueron en residuos crudos un 78% y el 22% para cocinados, porcentajes tomados de las cantidades separadas, calculando a si el costo de la materia prima y de los insumos de producción de los 809,23 kilos listos para compostar.

Tabla 36 Compra de insumos

COMPRA DE INSUMOS					
	HORIZONTE DEL PROYECTO				
Volumen de compra	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
TAPABOCAS-GUANTES	24.400	25.986	27.675	29.474	31.390
		PRECIO DE INSUMO			
	\$ 144	\$ 153	\$ 163	\$ 174	\$ 185
		TOTAL EGRESOS			
	\$ 3.513.600	\$ 3.985.213	4.520.128	5.126.842	5.814.993
Total Egreso Mater e insumo	\$ 3.513.600	\$ 3.985.213	4.520.128	5.126.842	5.814.993

6.3.9 Cartera

Como no se darán créditos para la comercialización y venta del compostaje, se presumen ventas directas de \$ 48.640.000 pesos en el primer año y de \$91.614.188 pesos para el año cinco, estos datos son tomados del precio de venta del valor unitario para el primer año y multiplicado por la capacidad máxima del volumen de ventas para sacar el valor total, ver tabla número 39.

Tabla 37 Comportamiento de cartera

COMPORTAMIENTO DE CARTERA							
Descripción	Nombre	Precio de Venta	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
1 kg	Compost bolsa	\$ 900	\$ 900	\$ 959	\$ 1.021	\$ 1.087	\$ 1.158
30 kg	Compost bultos	\$ 20.000	\$20.000	\$21.300	\$ 22.685	\$ 24.159	\$ 25.729
VOLUMEN DE VENTAS (Kg)							
Max. capacidad compost 1kg	Compost bolsa	800	9.600	10.560	11.616	12.778	14.055
Max. capacidad compost 30kg	Compost bultos	167	2.000	2.200	2.420	2.662	2.928
ventas Compost bolsa 1kg			\$ 8.640.00	\$10.121.76	\$11.857.64	\$13.891.227	\$16.273.573
ventas Compost bultos 30kg			\$40.000.00	\$46.860.00	\$54.896.49	\$ 64.311.238	\$ 75.340.615
Total Ingreso por Venta			\$48.640.00	\$56.981.76	\$66.754.13	\$ 78.202.46	\$ 91.614.18

6.3.10 Flujo de caja

El flujo de caja representa el dinero que se percibe en las ventas con lo que se gastara tanto en los costos como en los gastos sin tener en cuenta las depreciaciones y amortizaciones porque eso es contable mas no de caja los valores de saldo de caja se verán reflejados en el balance general, En la tabla 40 de flujo de caja se muestra un año cero, donde se realiza la inversión de \$2.962.000 que para el año 1 será recuperada en su totalidad, con una generación de ganancias netas de \$ 3. 200.154.

Tabla 38 Flujo de caja

FLUJO DE CAJA						
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
INGRESOS DE EFECTIVO						
Ingreso por ventas	\$ 0	\$ 48.640.0	\$ 56.981.76	\$ 66.754.13	\$ 78.202.46	\$ 91.614.18
EGRESOS DE EFECTIVO						
Compra Materias Primas		\$ 3.790.474	\$ 4.299.250	\$ 4.876.317	\$ 5.530.841	\$ 6.273.218
Compra de insumos		\$ 3.513.600	\$ 3.985.213	\$ 4.520.128	\$ 5.126.842	\$ 5.814.993
Nomina Operativa		\$ 27.159.772	\$ 29.131.674	\$ 30.874.783	\$ 32.731.194	\$ 34.708.271
Costo indirectos de fabricación		\$ 9.176.000	\$ 9.772.440	\$ 10.407.649	\$ 11.084.146	\$ 11.804.615
Gastos Admón. y Ventas		\$ 1.800.000	\$ 1.917.000	\$ 2.041.605	\$ 2.174.309	\$ 2.315.639

FLUJO DE CAJA						
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Pago de Impuesto de Renta			\$ 1.019.388	\$ 2.562.477	\$ 4.594.442	\$ 7.076.531
Pago de Dividendos			\$ 413.933	\$ 1.040.521	\$ 1.865.622	\$ 2.873.501
Pago de deuda		\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
TOTAL EGRESOS DE EFECTIVO		\$ 45.439.84	\$ 50.538.89	\$ 56.323.48	\$ 63.107.39	\$ 70.866.76
Flujo Neto de efectivo Operativo		\$ 3.200.154	\$ 6.442.862	\$ 10.430.62	\$ 15.095.07	\$ 20.747.42
Inversiones	\$ 2.962.00	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
FLUJO NETO TOTAL	\$ 2.962.00	\$ 3.200.15	\$ 6.442.86	\$ 10.430.65	\$ 15.095.07	\$ 20.747.42
Más: Saldo Inicial de Caja			\$ 3.200.154	\$ 9.643.016	20.073.667	35.168.738
Igual: Saldo Final de Caja		\$ 3.200.154	\$ 9.643.016	20.073.667	35.168.738	55.916.158

Tasa Interna de Retorno (TIR)	172,8%
Valor Presente Neto (VPN)	29.482.316
Valor Presente Neto (Ingresos)	188.601.886
Valor Presente Neto (Egresos)	160.627.748
Relación Beneficio Costo	1,17

6.4 Estado de resultados proyectado

En la tabla 41 se refleja las posibles utilidades que se tendrán con las proyecciones anteriores, el punto de equilibrio permite identificar a partir de qué momento el negocio es sostenible.

Tabla 39 Estado de resultados

ESTADO DE RESULTADOS PROYECTADO					
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
VENTAS BRUTAS	\$ 48.640.000	\$ 56.981.760	\$ 66.754.132	\$ 78.202.465	\$ 91.614.188
MENOS:					
COSTO DE VENTA	\$ 43.726.946	\$ 47.275.677	\$ 50.765.977	\$ 54.560.122	\$ 58.688.197
COMPRA DE MATERIA PRIMA	\$ 3.790.474	\$ 4.299.250	\$ 4.876.317	\$ 5.530.841	\$ 6.273.218
COMPRA DE INSUMOS	\$ 3.513.600	\$ 3.985.213	\$ 4.520.128	\$ 5.126.842	\$ 5.814.993
NOMINA OPERATIVA	\$ 27.159.772	\$ 29.131.674	\$ 30.874.783	\$ 32.731.194	\$ 34.708.271
COSTO INDIRECTOS DE FABRICACIÓN	\$ 9.176.000	\$ 9.772.440	\$ 10.407.649	\$ 11.084.146	\$ 11.804.615
DEPRECIACIÓN OPERATIVA	\$ 87.100	\$ 87.100	\$ 87.100	\$ 87.100	\$ 87.100
UTILIDAD BRUTA EN VENTAS	\$ 4.913.054	\$ 9.706.083	\$ 15.988.155	\$ 23.642.343	\$ 32.925.991

ESTADO DE RESULTADOS PROYECTADO					
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
MENOS:					
GASTOS DE ADMINISTRACIÓN	\$ 1.800.000	\$ 1.917.000	\$ 2.041.605	\$ 2.174.309	\$ 2.315.639
AMORTIZACIÓN DE DIFERIDOS	\$ 24.000	\$ 24.000	\$ 24.000	\$ 24.000	\$ 24.000
UTILIDAD OPERACIONAL	\$ 3.089.054	\$ 7.765.083	\$ 13.922.550	\$ 21.444.034	\$ 30.586.352
MENOS: GASTO FINANCIEROS	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
UTILIDADES ANTES DE IMPUESTOS	\$ 3.089.054	\$ 7.765.083	\$ 13.922.550	\$ 21.444.034	\$ 30.586.352
MENOS PROVISIÓN DE IMPUESTOS	\$ 1.019.388	\$ 2.562.477	\$ 4.594.442	\$ 7.076.531	\$ 10.093.496
UTILIDAD NETA	\$ 2.069.666	\$ 5.202.605	\$ 9.328.109	\$ 14.367.503	\$ 20.492.856
PUNTO DE EQUILIBRIO	12.496.738	9.163.448	8.624.364	7.271.412	6.509.877

6.4.1 Balance General

El capital de trabajo en el año 0 se encuentra reflejado en los activos diferidos por que el capital inicial o inversión cuando ya está en funcionamiento se debe reflejar como un activo intangible por que fue el conjunto de costos y gastos que en su momentos constituyen el capital de trabajo, para dar cumplimiento a la ecuación contable debe estar tanto en el activo como en el pasivo, ver tabla 42.

Tabla 40 Balance General

BALANCE GENERAL PROYECTADO						
	PERIODO 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
ACTIVOS						
Activos Corrientes						
Efectivo		\$3.200.154	\$9.643.016	\$20.073.667	\$35.168.738	\$55.916.158
Total Activos Corrientes	\$0	\$3.200.154	\$9.643.016	\$20.073.667	\$35.168.738	\$55.916.158
Depreciables						
Maquinaria y Equipos	\$871.000	\$871.000	\$871.000	\$871.000	\$871.000	\$871.000
Total Activo Fijo Depreciable (Bruto)	\$871.000	\$871.000	\$871.000	\$871.000	\$871.000	\$871.000
(-) Depreciación	\$0	\$87.100	\$174.200	\$261.300	\$348.400	\$435.500

BALANCE GENERAL PROYECTADO						
	PERIODO 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Acumulada						
Total Activo Fijo Depreciable (Neto)	\$871.000	\$783.900	\$696.800	\$609.700	\$522.600	\$435.500
Activos Diferidos	\$2.091.000	\$2.067.000	\$2.043.000	\$2.019.000	\$1.995.000	\$1.971.000
TOTAL ACTIVOS	\$2.962.000	\$6.051.054	\$12.382.816	\$22.702.367	\$37.686.338	\$58.322.658
PASIVO Y PATRIMONIO						
Pasivos Corrientes						
Impuesto de renta por Pagar		\$1.019.388	\$2.562.477	\$4.594.442	\$7.076.531	\$10.093.496
Total pasivos Corrientes	\$0	\$1.019.388	\$2.562.477	\$4.594.442	\$7.076.531	\$10.093.496
TOTAL PASIVOS	\$0	\$1.019.388	\$2.562.477	\$4.594.442	\$7.076.531	\$10.093.496
PATRIMONIO						
Capital	\$2.962.000	\$2.962.000	\$2.962.000	\$2.962.000	\$2.962.000	\$2.962.000
Utilidades Retenidas		\$0	\$1.655.733	\$5.817.817	\$13.280.304	\$24.774.306
Utilidades del Ejercicio		2.069.666	5.202.605	9.328.109	14.367.503	20.492.856
TOTAL PATRIMONIO	\$2.962.000	\$5.031.666	\$9.820.338	\$18.107.926	\$30.609.807	\$48.229.162
TOTAL PASIVO Y PATRIMONIO	\$2.962.000	\$6.051.054	\$12.382.816	\$22.702.367	\$37.686.338	\$58.322.658

6.4.2 Indicadores de Evaluación Financiera.

6.4.2.1 Valor Presente Neto (V.P.N)

El valor presente neto de un proyecto mide el dinero corriente y el grado de mayor riqueza que tendrá el inversionista en el futuro si emprende el proyecto. Para **Compost-futuro** el valor presente neto es de \$ 29.482.316 de pesos, durante los tres primeros años de operaciones.

Tabla 41 Indicadores de evaluación financiera

	ACTUAL	PESIMISTA	OPTIMISTA
Tasa Interna de Retorno (TIR)	172,8%	108,9%	133,56%
Valor Presente Neto (VPN)	29.482.316	18.789.639	23.066.710
Valor Presente Neto (Ingresos)	188.601.886	179.171.792	182.943.829
Valor Presente Neto (Egresos)	160.627.748	160.627.748	160.627.748
Relación Beneficio Costo	1,17	1,12	1,14

Si la tasa de interés que se utiliza en el cálculo del VPN entonces:

- a- Si $VPN(i) > 0$ el proyecto es conveniente e indica que el proyecto rinde más que i .
- b- Si $VPN(i) = 0$ el proyecto es indiferente e indica que el proyecto rinde exactamente a i .
- c- Si $VPN(i) < 0$ el proyecto no es atractivo e indica que el proyecto rinde menos que i . (Ramírez *et al.* 2009)

En este caso, como el valor presente neto es superior a cero por lo que se asume que el proyecto es conveniente y rinde más que la tasa de interés.

6.4.2.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR o tasa de rendimiento representa la rentabilidad general del proyecto y es la tasa de actualización o de descuento, al costo de oportunidad de la inversión. Es igual al valor actual del flujo de egresos en efectivo, lo que he Equivale a decir que es la tasa que hace el valor presente neto igual a cero.

En ese sentido, para que un proyecto sea atractivo, la TIR del proyecto debe ser mayor a la tasa mínima atractiva de retorno de los inversionistas (Tasa de Oportunidad): $TIR > TMRR$ (Tasa Mínima Requerida de Retorno) (Ramírez *et al.* 2009).

La TIR del presente proyecto es de 595,3% frente al valor presente neto es de \$85.669.316, que puede dar fe de la rentabilidad del proyecto.

6.4.2.3 Análisis de la viabilidad financiera del proyecto.

El objetivo de integrar dentro de un sistema presupuestal el conjunto de variables económicas que fluctúan dentro del desarrollo operacional del proyecto permite determinar las condiciones necesarias previas para minimizar las implicaciones del riesgo que está establecido en el proceso de emprendimiento. Por lo tanto, la evaluación financiera que se realizó arroja las siguientes conclusiones:

La VPN del proyecto es de \$85.669.316, lo cual infiere que el proyecto es viable con relación a este indicador financiero.

La TIR (Tasa Interna de Retorno) del proyecto es de 595,3% lo cual permite afirmar la viabilidad del proyecto.

6.4.2.4 Compostaje de los residuos orgánicos de las instituciones educativas versus disposición de estos en el relleno sanitario.

Es necesario mencionar también que al relleno sanitario “La glorita” le cuesta, como se muestra en la tabla 28, veinticinco mil setecientos diez y nueve pesos (\$25.719) el manejo de una tonelada de residuos, facturando un valor mensual de veinticinco millones ciento noventa y nueve mil cuatrocientos quince pesos (\$25.199.415); es decir se disponen mensualmente alrededor de 979 toneladas de residuos, mientras el costo del compost producido por una planta de compostaje piloto es de \$2.967.200 de pesos por 4 toneladas, tomando como ejemplo una 126 planta de producción industrial en Medellín Colombia y teniendo en cuenta que el compost de peor calidad, hecho con residuos municipales mixtos, se vende en un promedio de 2000 pesos por kilo (Venegas, 2014).

Tabla 42 Costos por tonelada en el relleno sanitario

CONSUMO	VALOR TONELADA	VALOR TOTAL FACTURA
Mayo-15	25719,06	25.199.415
Jun-15	26122,36	27.805.701
Jul-15	26122,36	27.849.939
Agos-15	26426,89	27.784.329
Sept-15	26426,89	26.306.991
Oct-15	26426,89	27.988.374
Nov-15	26426,89	27.626.360
Dic-15	26426,89	31.705.099
Ene-16	26426,89	31.073.644
Feb-16	26218,44	28.194.781
Mar-16	26218,44	29.747.883
Abr-16	26218,44	25.789.295
May-16	26734,49	32.834.620

En términos concretos, una tonelada de basura en el relleno sanitario La Glorita, saca del bolsillo de los contribuyentes de Santa Rosa \$26.734,49 pesos, teniendo en cuenta que se pueden recolectar hasta 1228 toneladas por mes, se estaría hablando de un gasto mensual de \$32.834.60 pesos. Por otro lado, producir 4 toneladas de compostaje les costaría a los mismos contribuyentes \$2.725.200 de pesos por tonelada, pero dicha inversión puede ser recuperada con la venta de la composta, que puede dejar una ganancia de \$874800 de pesos mensuales para reinversión; sin embargo los residuos producidos por los colegios involucrados en el proyecto representan un promedio de 450 kilos mensuales; de los que el 70% es compostable, es decir 315 kilos; estos 315 kilos compostables dispuestos en el relleno sanitario costarían \$8.101; esta misma cantidad tendría un costo de producción de compostaje de \$233.667 al compostar; con un precio de venta de \$900 se obtendrían \$283.500 mensualmente dejando una ganancia de \$49.833 mensuales, ahorrando el dinero gastado en disposición y creando un impacto ambiental positivo. Además deja la posibilidad de una mejor utilización de los terrenos para vivienda de interés social, elimina la posibilidad de generación de plagas o vectores, incentiva la generación de empleo, activaría la economía local e impactaría significativamente en elementos paisajísticos y desarrollo urbano

sostenible si se proyectara esta misma producción de compostaje para las demás instituciones educativas e incluso para otros sectores.

Sin embargo es importante reconocer el aporte de Gladis Jaramillo Henao (2015) que sostiene: “La dinámica de este sector ha demostrado que su comportamiento financiero no es fácilmente sostenible debido a problemas de oferta y demanda, asimetrías de información, informalidad en los procesos de producción, distorsión en los precios debido a costos asociados al transporte y en general porque la venta de los materiales aprovechables no es suficiente para sostener la actividad por sí misma, requiriendo apoyo estatal para el traslado de los recursos y la formulación de los proyectos para que así éstos deriven en plantas de aprovechamiento con exigentes esquemas de optimización de procesos los cuales aún no se perciben como viables en su totalidad, o por lo menos en el corto plazo”. A este punto es fundamental considerar que se debe lograr un proceso de culturización inicial con el fin de comprender la realización de composta como una estrategia rentable, activar los mercados y diversificar sus posibilidades de uso para llegar a un consumo total de la misma.

Como dice Parra (1962), es preciso considerar la educación ambiental como un elemento fundamental para la construcción de una nueva cultura participativa, la cual se debe entender como un proceso de viva dinámica en el cual deberán converger elementos como la concertación, la pedagogía, la multiplicidad e interacción de actores, voceros y abanderados, el ingenio y la creatividad, entre otros bajo un misma consigna “la mutua responsabilidad. Bajo éste marco conceptual, el pensamiento y el accionar institucional establece en el presente las bases conceptuales y funcionales para articular éste proceso a proyectos como renovación curricular (proyectos ambientales escolares PRAES, motivados por la Ley 115 general de la educación y el decreto 1743), Ordenamiento ambiental de escuelas (Con el cual se expande a zonas rurales) y el mismo programa sobre agricultura biológica, entre otros, a partir de los cuales se pretende la forma de una cultura participativa sobre el consumo y manejo responsable y racional de los residuos sólidos, con lo cual se cimentará la aplicación de los postulados

regionales, nacionales, universales sobre la aplicación de prácticas humanas hacia la minimización de la producción de residuos, el máximo aprovechamiento y primordialmente hacia el concepto NO BASURA.

7. Conclusiones

- Durante la realización de las encuestas se pudo evidenciar que existe un conocimiento básico sobre la posibilidad de reutilizar los residuos sólidos orgánicos crudos y cocinados; sin embargo dicho conocimiento no está acompañado de claridades sobre cuales métodos son más pertinentes que otros, cuando se trata de los residuos del restaurante escolar.
- El compostaje como proceso y como concepto es aún desconocido. Las manipuladoras de alimentos en representación de las instituciones educativas pueden entender que la separación en la fuente es importante para evitar contaminaciones en las zonas de almacenamiento, pero no tienen claridades sobre como dichos residuos pueden convertirse en un producto de consumo agrícola. Una vez realizada la encuesta y detectados estos vacíos en la información se tuvieron acercamientos discursivos que mostraron el proceso de compostar y los beneficios que este tiene en un sistema productivo ecológico.
- La encuesta y el acercamiento informativo realizado en cada una de las instituciones educativas garantizaron una adecuada disposición para el proceso, que se vio reflejada en la separación desde la fuente, en el almacenamiento y en la consideración de las manipuladoras de alimentos de reservar sus residuos para la elaboración del compost en este proyecto.
- Se recolectó un total de 1058,4 kilos de residuos sólidos crudos y cocinados, que se redujeron a 809,23 kilos listos para compostar, limpios y depurados. De esta cantidad correspondieron 604,2 kilos de residuo crudo y 205.3 kilos residuo cocinado.
- El porcentaje (%) de residuos útiles para el proceso de compostaje del total de residuos recolectados es del 76.46%.

- Bajo la metodología utilizada para el proceso de compostaje de esta investigación, se produce una relación de Litros de lixiviado/por cada 100 Kilogramos de residuos totales procesados de 1.03L/100Kg; lo que significa que los vertimientos generados en el proceso son pocos.
- El compostaje desarrollado en esta investigación no alcanzó nunca las condiciones térmicas necesarias o características de la aparición de microorganismos termófilos en las diferentes pilas, lo cual puede ser un indicador de que no hubo un compostaje completo que permitiera dar resultados óptimos en el producto final; esto pudo ser ocasionado por las adversidades climatológicas y las fallas estructurales del invernadero utilizado en el proceso.
- Se observan porcentajes de rendimiento muy parecidos para los tres tratamientos de compostaje ensayados, siendo estos 97.24%, 97.29% y 97.47% para los tratamientos 1, 2 y 3 respectivamente.
- Los análisis fisicoquímicos y de fertilidad de suelos para determinar los parámetros finales del compost obtenido y su respectivo tratamiento estadístico, revelan que no existe una diferencia significativa entre los tratamientos 1, 2 y 3 para los parámetros estudiados de materia orgánica, potasio, calcio, magnesio, fósforo, pH y humedad.
- El compost obtenido no se puede considerar como fuente de Nitrógeno debido a que posee menos del 1% y la norma (RAS 2000) no permite declarar este contenido cuando este es menor a 1%, sin embargo es una fuente rica en fósforo, potasio y magnesio; manejando valores alrededor del 5% para K, entre 1% - 3% para fósforo y 3% Mg, así que según la clasificación de la norma RAS 2000 el compost obtenido debe manejarse como un material que permite el acondicionamiento de suelos y no como un abono orgánico.

- Realizar compostaje es una actividad productiva y de reciclaje que puede reducir los niveles de contaminación provenientes del relleno sanitario, posibilita el uso del terreno y contribuye a la producción agrícola de mejor calidad. La relación costo beneficio es alta y sería una posibilidad de ahorro para los contribuyentes.
- No existe a nivel municipal en Santa Rosa de Cabal ningún tipo de iniciativa pública, que incentive la recuperación de los residuos sólidos crudos y cocinados y su posterior aprovechamiento.

8. Recomendaciones.

- Es importante implementar análisis microbiológicos del compost producidos; para determinar las cargas de microorganismos aerobios mesófilos totales como de hongos; y saber si estas cargas microbiológicas aportan el material suficiente a los suelos para facilitar y diversificar nutrientes para las plantas.
- Es recomendable en posteriores investigaciones se verifique la viabilidad del aprovechamiento del lixiviado de los residuos cocinados y crudos para el humedecimiento de las pilas de compostaje y así reincorporar este vertimiento en el proceso.
- Es necesaria la verificación constante del encerramiento donde se realizara el proceso de compostaje para así evitar las posibles intrusiones de animales no deseados que puedan afectar el desarrollo adecuado de las pilas de compostaje; así mismo es de vital importancia la seguridad estructural del invernadero de compostaje para que este no se encuentre expuesto a factores climatológicos que puedan afectar el proceso tales como la lluvia.
- Queda abierta la posibilidad de realizar estudios similares para compostar residuos orgánicos provenientes de otras fuentes, en busca de incentivar la reutilización de otro tipo de residuos que podrían ser aprovechados.
- Se recomienda continuar investigando sobre esta temática, dado que fue un trabajo realizado con pocos recursos económicos y que no permitió hacer monitoreo debido, en cuanto al seguimiento de parámetros de control del proceso que permitieran dar respuestas más acertadas sobre el desarrollo total del procesos de compostaje y la posibilidad real de uso como abono; sin embargo, se considera este un muy buen acercamiento a un tema poco trabajado en la región y que puede brindar resultados positivos para el manejo de los residuos sólidos orgánicos que presentan tanta afectación en un proceso de disposición final en un

relleno sanitario, llevando consigo una gran cantidad de impactos ambientales que actualmente preocupan la población mundial.

- Posteriores investigaciones pueden enfocar su objeto en el estudio de la etapa de higienización del material compostado y sus resultados en cuanto a la eliminación de Salmonella, entero bacterias, huevos de helmintos y Coliformes fecales; es decir el control del riesgo biológico y estudiar así, la posibilidad de utilizar residuos orgánicos cocinados y otros con fines de composta para obtener abonos orgánicos aplicables al uso en la agricultura.

9. Bibliografía.

- Acuerdo Metropolitano 04 (27 de Septiembre de 2006).
- Alcaldía Santa rosa de cabal. (2011). *Plan de Desarrollo de Santa Rosa de Cabal*. Santa Rosa de Cabal: Cámara de Comercio de Santa Rosa de Cabal.
- Aprovechamiento en el marco de la Gestión Integral de Residuos Sólidos. Es el proceso mediante el cual, a través de un manejo integral de los residuos sólidos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, (06 de Junio de 2003).
- Canet Castello, R. (2011). *Uso de materia orgánica en Agricultura*. Valencia: Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias.
- Castelló, R. C. (2011). *Gestión agrícola de materias orgánicas*. Valencia: Instituto Valenciano de Investigaciones Agrícolas (IVIA).
- Coronel, W. E. (2014). *Plan De Gestión y Manejo Ambiental para Disminuir los Agentes Contaminantes a Base de*. Cesar: UNAD.
- Corporación Autónoma Regional de Risaralda (CARDER). (2008). *PLAN DE GESTION AMBIENTAL REGIONAL*. Pereira: Gobernación de Risaralda.
- Corporación Autónoma Regional de Risaralda (CARDER). (2010). *Informe de Gestión del Plan de Acción 2007-2011*. Pereira: SIRAP.
- Corporación Autónoma Regional de Risaralda. (2008). *Plan de Gestión Ambiental Regional (PGAR)*. Pereira: Gobernación de Risaralda.
- Decreto 605 (27 de Marzo de 1996).
- Decreto 1390 (29 de Septiembre de 2005).
- Decreto 1505 (6 de Junio de 2003).
- Decreto 1505 (6 de Junio de 2005).
- Decreto 1713 (1 de Agosto de 2003).
- Decreto 2041 (15 de Octubre de 2014).
- Decreto 2436 (03 de Julio de 2008).
- Decreto 2436 (03 de Julio de 2008).
- Decreto 2820 (5 de Agosto de 2010).
- Decreto 2981 (20 de Diciembre de 2013).

Decreto 3600 (20 de Septiembre de 2007).

Decreto 4066 (24 de Octubre de 2008).

Decreto 838 (23 de Marzo de 2005).

Decreto 891 (7 de Mayo de 2002).

Departamento Administrativo Nacional Estadístico. (2005). *Informe de Coyuntura Económica Regional Departamento de Risaralda*. Pereira: Mercadeo y Ediciones DANE.

Departamento Nacional de Planeación. (1999). *CONPES 3031*. Santa Fe de Bogotá, D.C.

Departamento Nacional de Planeación. (1999). *Plan para el sector de agua Potable y Saneamiento Básico*. Santa Fé de Bogotá: Editorial de Colombia.

Departamento Nacional De Planeación. (2008). *LINEAMIENTOS Y ESTRATEGIAS PARA FORTALECER EL SERVICIO PÚBLICO DE ASEO EN EL MARCO DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS*. Santa Fé de Bogotá: Editorial de Colombia.

Disposición final de Residuos Sólidos (3 de Diciembre de 2005).

El Comparendo Ambiental controla a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros mediante sanciones pedagógicas y económicas (19 de Diciembre de 2009).

Entre otros aspectos, establece la evaluación de la factibilidad económica, social y ambiental de un área geográfica específica para que se convierta en un predio para la disposición final en rellenos sanitarios. (18 de julio de 1997).

Especifica los proyectos y actividades que requieren de Licencia Ambiental y establece las competencias entre la Autoridades de orden Nacional o Regional (03 de Abril de 2014).

Establece el nuevo régimen sancionatorio ambiental: (21 de Julio de 2009).

Establece pautas específicas para desarrollar Evaluaciones de Impacto Ambiental, describe los procesos de mitigación y define las estrategias para la compensación social. , 46376 (30 de Junio de 2006).

Establecen directrices y pautas para el cierre, clausurrestauración o transformación técnica a rellenos sanitarios de los sitios de disposición final (27 de Septiembre de 2005).

Gestión Integral de Residuos sólidos Regional, 40203 (27 de Septiembre de 2006).

Gobernación de Risaralda. (3 de julio de 2015). *Recuperación de Residuos*, pág. 1.

Hernández Sampieri, R. (2000). *Metodología de la investigación*. Bogotá: Mc Graw Gill.

Hurtado, J. (16 de mayo de 2014). Problemática de Restaurantes Escolares. *Problemática de Restaurantes Escolares*, pág. 1.

Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. (2013). *Almuerzo Risaralda Mejorada*. Santa Rosa de Cabal: ICBF.

Jaramillo Henao, Z. M. (2008). *APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS EN COLOMBIA*. Medellín: Universidad de Antioquia.

Ley 1259 (19 de Diciembre de 2009).

Ley 1333 (21 de Julio de 2009).

Ley 142 (11 de Julio de 1994).

Ley 388 (18 de Julio de 1997).

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (1998). *Política para la Gestión Integral de Residuos*. Santa Fé de Bogotá: Editorial Colombia.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2008). *CONPES 3530*. Santa fe de Bogotá, D.C.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2008). *Política de Gestión Ambiental Urbana*. Santa fé de Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Política Nacional de Producción y Consumo. HACIA UNA CULTURA DE CONSUMO SOSTENIBLE Y TRANSFORMACIÓN SOSTENIBLE*. Santa Fé de Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia.

Ministerio de Medio Ambiente. (1998). *Política para la Gestión de Residuos Sólidos*. Santa fe de Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia.

Ministerio de Vivienda. (2014). *Ciudad y Territorio*. Bogotá: Presidencia de la Republica.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *Resolución 0754*. Bogotá: Presidencia de la Republica.

Moreno, J., & Moral, R. (2008). *Compostaje*. Madrid: Editores científicos.

Navarro, R. (2002). *Manual para hacer composta aeróbica*. El Salvador: Cesta Amigos de la Tierra.

NTC 5167 (23 de 03 de 2011).

Pautas para el cierre, clausura, y restauración o transformación técnica a rellenos sanitarios y medidas de control y formas no adecuadas de disposición final (27 de septiembre de 2011).

Penagos Vargas, J. (2011). *Reducción de los Residuos Orgánicos en Colombia por Medio del Compostaje Líquido*. Barranquilla: Universidad Libre.

por el cual se reglamenta parcialmente el artículo 101, de la ley 1151 de 2007 (04 de Julio de 2008).

Por el cual se reglamentan las disposiciones de las Leyes 99 de 1993 y 388 de 1997 relativas a las determinantes de ordenamiento del suelo rural y al desarrollo de actuaciones urbanísticas de parcelación y edificación en este tipo de suelo y se adoptan ot (24 de Octubre de 2008).

Por la cual se establece la regulación de los servicios públicos domiciliarios y sus modificatorias en especial (11 de Julio de 1994).

Por la que se establecen los términos de referencia para la elaboración del diagnóstico ambiental de alternativas – DAA para la construcción y operación de rellenos sanitarios. (30 de Junio de 2006).

Por medio del cual se reglamenta el artículo 9 de la Ley 632 de 2000 sobre los esquemas de prestación del servicio público domiciliario de aseo (07 de julio de 2002).

PRODUCTOS PARA LA INDUSTRIA AGRÍCOLA. PRODUCTOS ORGÁNICOS USADOS COMO ABONOS O FERTILIZANTES Y ENMIENDAS O ACONDICIONADORES DE SUEL (23 de Marzo de 2011).

Puerta Echeverry, S. M. (2004). *Los Residuos Sólidos Municipales Como Acondicionadores de Suelo*. Bogotá: Corporación Universitaria Lasallista.

quintero, r. a. (tres de febrero de 2014). Santa Rosa de Cabal y Balboa tienen un manejo adecuado de los residuos sólidos. *Santa Rosa de Cabal y Balboa tienen un manejo adecuado de los residuos sólidos*, pág. 1.

Quintero, R. A. (3 de Febrero de 2014). Santa Rosa de Cabal y Balboa tienen un manejo adecuado de los residuos sólidos. *El Tiempo*, pág. 1.

Ramírez, F. (17 de febrero de 2015). Presente y Futuro de las Basuras. *Presente y Futuro de las Basuras*, pág. 2.

Ramírez, M. F. (17 de 02 de 2013). Manejo de las Basuras, Presente y Futuro. *Manejo de las Basuras, Presente y Futuro*, pág. 2.

Reglamentación de la prestación del servicio público domiciliario de aseo., 42755 (27 de 03 de 1996).

Reglamentación de la Prestación del Servicio Público de Aseo, 49010 (20 de 12 de 2013).

Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y de Saneamiento Básico RAS (Noviembre de 2000).

Resolución 120 (8 de Septiembre de 2000).

Resolución 1274 (30 de Junio de 2006).

Resolución 1291 (30 de Junio de 2006).

Resolución 1529 (6 de Agosto de 2010).

Resolución 1684 (25 de Septiembre de 2008).

Resolución 1822 (22 de Septiembre de 2009).

Resolución 1890 (23 de Septiembre de 2011).

Román, P., Martínez, M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina*. Santiago de Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Romero, M. (2003). *Producción ecológica certificada de hortalizas de clima frío*. Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

Sampieri, H. (2004). *Introducción a la Investigación Cualitativa*. Madrid: Alfa omega.

Se reglamenta la realización de aforos de residuos sólidos a los usuarios, grandes productores por parte de las entidades prestadoras del servicio público ordinario de aseo (08 de Septiembre de 2002).

Sistema Único de Información de Servicios. (2012). *Informe Trimestral de Servicios Públicos en Pereira*. Pereira: SIU.

Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos. (2014). *Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

10. Anexos

Anexo 1. FORMATO DE ENCUESTA REALIZADO A LOS COLEGIOS



ENCUESTA PARA INSTITUCIONES EDUCATIVAS APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

El objetivo de esta encuesta es conocer mejor el potencial de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos de los restaurantes escolares de trece (13) instituciones educativas del casco urbano del municipio de Santa Rosa de Cabal.

Fecha ___/___/___

Institución:

Nombre: _____

Cargo:

Teléfono:

1. Conoce usted que son los residuos orgánicos e inorgánicos? (Marque con una x)

Sí No (si la respuesta es afirmativa por favor explique)

2. ¿Qué tipo de residuos genera la institución en el restaurante escolar?

3. ¿Qué hace usted con los restos de comida que se producen en el restaurante escolar?

Lo deposita en la basura Lo vende

Lo entierra Lo entrega para alimentos de animales

4. Conoce usted la definición y/o concepto de separación en la fuente?

Sí No (si la respuesta es afirmativa por favor explique)

5. Aproximadamente cuantos residuos produce el restaurante escolar?

Procesados: _____ sin procesar: _____

6. Cada cuanto tiempo los residuos generados son retirados de la institución por la empresa de aseo o un tercero?

7. Sabe cómo separar los residuos orgánicos: Sí No

Como: _____

8. La institución educativa cuenta con los recipientes apropiados para una adecuada separación en la fuente? Sí No

9. Sabe usted los beneficios ambientales que traen las prácticas como el reciclaje y la separación en la fuente: Sí No

Cuales: _____

Porque: _____

10. Conoce usted las formas adecuadas de aprovechar los residuos orgánicos? Sí No

Cuales: _____

11. Sabe usted que es el compostaje: Sí No

Para que se utiliza: _____

12. Conoce la importancia de hacer compostaje: Sí No

Porque: _____

13. Sabe usted que Santa Rosa de Cabal cuenta con un proyecto de manejo integral de residuos orgánicos? Sí No

Anexo 1: Encuesta.

Anexo 2. TEMPERATURAS REGISTRADAS DURANTE EL PROCESO DE COMPOSTAJE PARA LAS DIFERENTE PILAS

Tabla 43 Control semanal de temperatura para la Pila 1

PILA 1 MATERIAL CRUDO 100%						
SEMANA	TEMPERATURA °C					MEDIA
	TOMA 1	TOMA 2	TOMA 3	TOMA 4	TOMA 5	
Acondicionamiento	29	29	29	29	29	29
Acondicionamiento	31	30	31	29	30	30,2
0	33	35	33	31	33	33
	37	35	37	36	37	36,4
1	43	40	42	41	40	41,2
	45	42	44	43	43	43,4
2	38	38	37	38	38	37,8
	35	30	32	37	35	33,7
3	32	32	33	31	32	32
	31	30	30	30	29	30
4	30	29	28	29	29	29
	28	28	28	28	28	28
5	28	28	27	28	28	27,8
	28	27	27	27	26	27
6	27	27	26	28	27	27
	27	27	26	27	26	26,6
7	25	27	26	25	25	25,6
	26	26	25	26	25	25,6
8	26	25	25	24	25	25
	25	25	24	25	25	24,8
9	24	24	24	24	24	24
	23	24	25	24	24	24
10	23	23	24	23	23	23,2
	23	22	23	22	23	22,6
11	22	22	22	23	21	22
	22	21	22	22	21	21,6
12	21	20	21	22	21	21
	21	21	20	21	21	20,8

Tabla 44 Control semanal de temperatura para la Pila 2

PILA 2 MATERIAL CRUDO 90%-COCINADO 10%						
SEMANA	TEMPERATURA °C					MEDIA
	TOMA 1	TOMA 2	TOMA 3	TOMA 4	TOMA 5	
Acondicionamiento	29	29	29	29	29	29
Acondicionamiento	30	29	29	30	30	29,6
0	31	30	29	30	31	30,2
	31	33	31	35	33	32,6
1	39	37	37	38	37	37,6
	40	42	42	41	41	41,2
2	43	41	41	41	41	41,4
	36	35	36	36	35	35,6
3	33	33	31	32	33	32,4
	32	31	32	31	31	31,4
4	30	30	28	30	30	29,6
	28	27	27	28	28	27,6
5	27	27	27	27	27	27
	27	25	26	26	26	26
6	26	26	26	26	26	26
	27	26	25	26	26	26
7	26	26	25	26	25	25,6
	26	25	25	26	25	25,4
8	25	23	24	24	24	24
	24	23	23	23	23	23,2
9	23	23	23	23	23	23
	22	23	24	23	23	23
10	23	23	22	22	23	22,6
	22	23	21	22	21	21,8
11	22	21	21	20	20	20,8
	23	20	20	21	20	20,8
12	21	20	20	19	20	20
	21	20	20	19	20	20

Tabla 45 Control semanal de temperatura para la Pila 3

PILA 3 MATERIAL CRUDO 80% - COCINADO 20%						
SEMANA	TEMPERATURA °C					MEDIA
	TOMA 1	TOMA 2	TOMA 3	TOMA 4	TOMA 5	
Acondicionamiento	29	29	29	29	29	29
Acondicionamiento	30	31	28	29	30	29,6
0	30	30	31	30	31	30,4
	39	39	40	39	40	39,4
1	45	44	45	45	44	44,6
	40	40	39	40	39	39,6
2	35	35	35	34	35	34,8
	36	32	34	35	35	34,4
3	32	31	33	32	32	32
	31	31	30	30	31	30,6
4	31	30	29	29	30	29,8
	29	27	27	28	28	27,8
5	28	27		28	27	27,4
	27	27	27	26	27	26,8
6	27	26	26	27	26	26,4
	27	25	26	25	25	25,6
7	26	26	25	25	25	25,4
	26	25	25	25	25	25,2
8	25	24	26	26	25	25
	24	25	25	25	25	24,8
9	24	25	24	24	25	24,4
	24	24	24	24	24	24
10	23	23	24	24	24	23,6
	22	22	22	22	22	22
11	22	22	21	22	22	21,8
	21	21	21	20	21	20,8
12	21	19	20	20	20	20
	19	20	21	20	20	20

Tabla 46 Control semanal de temperatura para la Pila 4

PILA 4 MATERIAL CRUDO 100%						
SEMANA	TEMPERATURA °C					
	TOMA 1	TOMA 2	TOMA 3	TOMA 4	TOMA 5	PROMEDIO
Acondicionamiento	30	30	30	30	30	30
Acondicionamiento	30	31	32	31	30	30,8
0	31	33	31	35	33	32,6
	39	37	38	39	38	38,2
1	39	40	39	39	40	39,4
	42	42	40	39	39	40,4
2	45	42	43	44	41	43
	35	33	35	34	34	34,2
3	33	33	34	33	33	33,2
	33	32	32	32	31	32,0
4	33	31	32	31	32	31,8
	30	29	28	30	30	29,4
5	29	28	29	29	28	28,6
	29	27	26	28	26	27,2
6	26	26	26	26	26	26
	26	26	26	26	25	25,8
7	25	25	26	24	25	25
	24	25	25	25	25	24,8
8	24	25	24	25	24	24,4
	24	24	24	24	24	24
9	24	23	23	24	24	23,6
	22	23	22	21	22	22
10	22	22	21	22	22	21,8
	21	22	22	21	21	21,4
11	21	21	21	22	20	21
	21	21	21	21	20	20,8
12						

Tabla 47 Control semanal de temperatura para la Pila 5

PILA 5 MATERIAL CRUDO 90% - COCINADO 10%						
SEMANA	TEMPERATURA °C					
	TOMA 1	TOMA 2	TOMA 3	TOMA 4	TOMA 5	PROMEDIO
Acondicionamiento	30	30	30	30	30	30
Acondicionamiento	29	30	29	32	31	30,2
0	34	32	32	33	33	32,8
	38	35	38	36	36	36,6
1	39	38	38	39	38	38,4
	40	39	40	39	41	39,8
2	44	42	45	41	41	42,6
	45	44	44	46	45	44,8
3	39	38	39	39	39	38,8
	36	35	36	36	36	35,8
4	34	34	35	34	35	34,4
	31	30	29	30	29	29,8
5	27	27	27	27	27	27
	26	27	26	27	26	26,4
6	27	26	26	26	26	26,2
	26	27	26	26	25	26
7	25	26	25	26	25	25,4
	26	24	23	24	23	24
8	24	23	23	23	23	23,2
	24	23	23	23	22	23
9	23	23	23	22	24	23
	23	23	22	23	22	22,6
10	22	23	21	21	22	21,8
	22	22	20	21	21	21,2
11	22	22	20	20	21	21
	21	20	20	20	21	20,4
12						

Tabla 48 Control semanal de temperatura para la Pila 6

PILA 6 MATERIAL CRUDO 80% -COCINADO 20%						
SEMANA	TEMPERATURA °C					
	TOMA 1	TOMA 2	TOMA 3	TOMA 4	TOMA 5	PROMEDIO
Acondicionamiento	30	30	30	30	30	30
Acondicionamiento	30	32	31	31	30	30,8
0	35	35	33	34	33	34
	38	38	38	38	38	38
1	38	41	37	38	38	38,4
	39	40	40	40	39	39,6
2	48	46	44	41	43	44,4
	46	45	45	45	44	45
3	40	38	39	38	39	38,8
	36	37	36	37	37	36,6
4	34	34	34	36	36	34,8
	30	29	29	30	29	29,4
5	28	27	27	28	27	27,4
	25	27	27	28	27	26,8
6	26	26	27	26	27	26,4
	26	26	26	26	26	26
7	26	26	26	26	26	26
	26	25	25	26	26	25,6
8	25	25	25	26	26	25,4
	25	24	25	26	26	25,2
9	25	24	25	25	26	25
	25	25	25	25	24	24,8
10	23	24	25	25	25	24,4
	23	23	25	24	25	24
11	22	21	24	23	23	22,6
	21	20	21	21	21	20,8
12						

Tabla 49 Control semanal de temperatura para la Pila 7

PILA 7 MATERIAL CRUDO 100%						
SEMANA	TEMPERATURA °C					
	TOMA 1	TOMA 2	TOMA 3	TOMA 4	TOMA 5	MEDIA
Acondicionamiento	29	29	29	29	29	29
Acondicionamiento	34	34	32	32	34	33,2
0	38	36	36	35	36	36,2
	37	36	36	37	37	36,6
1	40	41	40	41	40	40,4
	44	43	44	42	42	43
2	41	42	42	41	42	41,6
	39	40	39	39	39	39,2
3	37	36	37	36	37	36,6
	36	35	35	36	36	35,6
4	34	34	30	34	32	32,8
	33	32	31	32	31	31,8
5	29	28	29	29	30	29
	28	28	27	28	28	27,8
6	28	28	27	27	27	27,4
	27	27	26	26	26	26,4
7	26	26	26	26	26	26
	26	26	25	25	25	25,4
8	26	25	25	25	25	25,2
	25	25	25	25	25	25
9	25	25	25	25	24	24,8
	25	24	24	25	24	24,4
10	24	23	23	23	22	23
	23	22	22	22	22	22,2
11						
12						

Tabla 50 Control semanal de temperatura para la Pila 8

PILA 8 MATERIAL CRUDO 90% - COCINADO 10%						
SEMANA	TEMPERATURA °C					
	TOMA 1	TOMA 2	TOMA 3	TOMA 4	TOMA 5	MEDIA
Acondicionamiento	29	29	29	29	29	29
Acondicionamiento	33	31	30	33	31	31,6
0	38	39	39	38	38	38,4
	44	43	42	42	40	42,2
1	43	44	43	44	44	43,6
	42	41	40	42	40	41
2	40	39	38	40	39	39,2
	38	36	36	36	35	36,2
3	37	36	35	35	36	35,8
	35	35	35	35	35	35
4	34	33	34	35	34	34
	30	30	28	30	30	29,6
5	29	30	29	29	30	29,4
	27	27	26	28	27	27
6	26	26	26	27	27	26,4
	25	26	26	27	26	26
7	25	25	26	26	25	25,4
	25	25	25	26	25	25,2
8	25	25	25	25	25	25
	25	25	25	24	25	24,8
9	24	24	24	25	25	24,4
	23	24	23	24	21	23
10	22	23	22	23	21	22,2
	22	21	23	22	21	22
11						
12						

Tabla 51 Control semanal de temperatura para la Pila 9

PILA 9 MATERIAL CRUDO 80% - COCINADO 20%						
SEMANA	TEMPERATURA °C					
	TOMA 1	TOMA 2	TOMA 3	TOMA 4	TOMA 5	MEDIA
Acondicionamiento	29	29	29	29	29	29
Acondicionamiento	35	31	30	33	31	32
0	37	37	37	37	37	37
	38	40	40	39	38	39
1	41	41	40	41	41	40,8
	43	43	43	42	41	42,4
2	40	38	39	40	40	39,4
	39	39	38	38	37	38,2
3	38	36	37	37	36	36,8
	36	36	37	36	36	36,2
4	35	33	33	35	32	33,6
	30	29	29	30	28	29,2
5	29	29	29	28	30	29
	28	28	27	27	27	28
6	28	28	28	27	28	27,8
	27	27	27	26	28	27
7	26	27	27	26	27	26,6
	26	26	25	25	26	25,6
8	25	26	25	24	24	24,8
	24	26	24	22	24	24
9	23	23	23	24	23	23,2
	22	22	23	23	22	22,4
10	22	23	22	21	22	22
	21	22	22	22	22	21,8
11						
12						

Anexo 3. ANÁLISIS DE FERTILIDAD DEL COMPOST OBTENIDO

Tabla 52 Metodologías utilizadas por el laboratorio de Suelo y Foliare de la Universidad Tecnológica de Pereira para el análisis de fertilidad del compost obtenido.

METODOLOGIAS	
Muestra seca a: 60°C durante 48 horas	Menores (Fe, Mn, Zn, Cu) Acetato de Amonio + EDTA. Absorción Atómica
pH Potenciométrico en agua (1:1)	Boro (B) Extracción con Fosfato monocálcico. Azometina H. Fotométrico
*Materia Orgánica (M.O) Walkley-Black Fotométrico	Azufre (S) Extracción con Fosfato monocálcico. Turbidimétrico
Fósforo (P) Bray II. Fotométrico	Textura Al tacto
Bases (K, Ca, Mg, Na) Acetato de Amonio. Absorción Atómica	Solubles Pasta satura con agua. Absorción Atómica
Aluminio Extracción KCl. Volumétrica	Conductividad Eléctrica (C.E) Pasta satura con agua. Conductómetro
**** Si pH < 6 a 5.2	Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C) Volumétrica

Tabla 53 Resultados del análisis de fertilidad para la Pila 1 Realizado por el laboratorio de suelos y foliares UTP.

#Registro	Lote	p.H	%		meq/ 100 g Suelo				partes por millón							meq/100g de suelo	Relacion C/N (%)	Textura
			N	M.O*	K	Ca	Mg	Al	P	Fe	Mn	Zn	Cu	B	S	C.I.C		
192	1	8.0	0.51	13.3	5.2	59	3.0	***	1	***	****	***	***	**	**		15.3	Limoso

RELACIONES														
#Registro	(K:Ca:Mg)	Mg/K	Ca/Mg	Ca/K	Ca/(Mg+K)	%C	%Min	Da	Dr	%Porosidad	Retencion Humedad (1/3atm)	Retencion Humedad (1/5atm)		
192	2	20	1	0.6	19.7	11	7.2	7.7	15.1	0.49	2.01	75	73	51

Tabla 54 Resultados del análisis de fertilidad para la Pila 2 Realizado por el laboratorio de suelos y foliares UTP.

#Registro	Lote	p.H	%		meq/ 100 g Suelo				partes por millón							meq/100g de suelo	Relacion C/N (%)	Textura
			N	M.O*	K	Ca	Mg	Al	P	Fe	Mn	Zn	Cu	B	S	C.I.C		
193	2	8.2	0.49	12.8	5.1	59	3.0	***	1	***	****	***	***	**	**		15.2	Limoso

RELACIONES														
#Registro	(K:Ca:Mg)	Mg/K	Ca/Mg	Ca/K	Ca/(Mg+K)	%C	%Min	Da	Dr	%Porosidad	Retencion Humedad (1/3atm)	Retencion Humedad (1/5atm)		
193	2	20	1	0.6	19.7	12	7.3	7.4	15.2	0.52	2.03	74	71	50

Tabla 55 Resultados del análisis de fertilidad para la Pila 3 Realizado por el laboratorio de suelos y foliares UTP.

#Registro	Lote	p.H	%		meq/ 100 g Suelo				partes por millón							meq/100g de suelo	Relacion C/N (%)	Textura
			N	M.O*	K	Ca	Mg	Al	P	Fe	Mn	Zn	Cu	B	S	C.I.C		
194	3	8.0	0.46	11.6	5.0	60	3.0	***	1	***	****	***	***	**	**		14.8	Limoso

RELACIONES														
#Registro	(K:Ca:Mg)	Mg/K	Ca/Mg	Ca/K	Ca/(Mg+K)	%C	%Min	Da	Dr	%Porosidad	Retencion Humedad (1/3atm)	Retencion Humedad (1/5atm)		
194	2	20	1	0.6	20.0	12	7.5	6.7	14.6	0.59	2.08	71	66	46

Tabla 56 Resultados del análisis de fertilidad para la Pila 4 Realizado por el laboratorio de suelos y foliares UTP.

#Registro	Lote	p.H	%		meq/ 100 g Suelo				partes por millón							meq/100g de suelo	Relacion C/N (%)	Textura
			N	M.O*	K	Ca	Mg	Al	P	Fe	Mn	Zn	Cu	B	S	C.I.C		
195	4	8.1	0.48	12.4	5.4	56	3.0	***	2	***	****	***	***	**	**		15.1	Limoso

RELACIONES													
#Registro	(K:Ca:Mg)		Mg/K	Ca/Mg	Ca/K	Ca/(Mg+K)	%C	%Min	Da	Dr	%Porosidad	Retencion Humedad (1/3atm)	Retencion Humedad (15atm)
195	2	19	1	0.6	18.7	10	6.7	7.2	15.0	0.55	2.05	73	49

Tabla 57 Resultados del análisis de fertilidad para la Pila 5 Realizado por el laboratorio de suelos y foliares UTP.

#Registro	Lote	p.H	%		meq/ 100 g Suelo				partes por millón							meq/100g de suelo	Relacion C/N (%)	Textura
			N	M.O*	K	Ca	Mg	Al	P	Fe	Mn	Zn	Cu	B	S	C.I.C		
196	5	7.7	0.51	13.3	5.0	59	3.0	***	1	***	****	***	***	**	**		15.3	Limoso

RELACIONES													
#Registro	(K:Ca:Mg)		Mg/K	Ca/Mg	Ca/K	Ca/(Mg+K)	%C	%Min	Da	Dr	%Porosidad	Retencion Humedad (1/3atm)	Retencion Humedad (15atm)
196	2	20	1	0.6	19.7	12	7.4	7.7	15.1	0.49	2.01	75	51

Tabla 58 Resultados del análisis de fertilidad para la Pila 6 Realizado por el laboratorio de suelos y foliares UTP.

#Registro	Lote	p.H	%		meq/ 100 g Suelo				partes por millón							meq/100g de suelo	Relacion C/N (%)	Textura
			N	M.O*	K	Ca	Mg	Al	P	Fe	Mn	Zn	Cu	B	S	C.I.C		
197	6	8.1	0.54	14.5	5.4	49	3.0	***	2	***	****	***	***	**	**		15.6	Limoso

RELACIONES													
#Registro	(K:Ca:Mg)		Mg/K	Ca/Mg	Ca/K	Ca/(Mg+K)	%C	%Min	Da	Dr	%Porosidad	Retencion Humedad (1/3atm)	Retencion Humedad (15atm)
197	2	16	1	0.6	16.3	9	5.8	8.4	15.6	0.42	1.96	79	54

Tabla 59 Resultados del análisis de fertilidad para la Pila 7 Realizado por el laboratorio de suelos y foliares UTP.

#Registro	Lote	p.H	%		meq/ 100 g Suelo				partes por millón							meq/100g de suelo	Relacion C/N (%)	Textura
			N	M.O*	K	Ca	Mg	Al	P	Fe	Mn	Zn	Cu	B	S	C.I.C		
198	7	8.0	0.60	16.9	5.5	59	3.0	***	3	***	****	***	***	**	**		16.3	Limoso

RELACIONES													
#Registro	(K:Ca:Mg)		Mg/K	Ca/Mg	Ca/K	Ca/(Mg+K)	%C	%Min	Da	Dr	%Porosidad	Retencion Humedad (1/3atm)	Retencion Humedad (15atm)
198	2	20	1	0.5	19.7	11	6.9	9.8	16.3	0.28	1.85	85	61

Tabla 60 Resultados del análisis de fertilidad para la Pila 8 Realizado por el laboratorio de suelos y foliares UTP.

#Registro	Lote	p.H	%		meq/ 100 g Suelo				partes por millón							meq/100g de suelo	Relacion C/N (%)	Textura
			N	M.O*	K	Ca	Mg	Al	P	Fe	Mn	Zn	Cu	B	S	C.I.C		
199	8	8.2	0.49	12.8	5.2	57	3.0	***	1	***	****	***	***	**	**		15.2	Limoso

RELACIONES														
#Registro	(K:Ca:Mg)		Mg/K	Ca/Mg	Ca/K	Ca/(Mg+K)	%C	%Min	Da	Dr	%Porosidad	Retencion Humedad (1/3atm)	Retencion Humedad (15atm)	
199	2	19	1	0.6	19.0	11	7.0	7.4	15.2	0.52	2.03	74	71	50

Tabla 61 Resultados del análisis de fertilidad para la Pila 9 Realizado por el laboratorio de suelos y foliares UTP.

#Registro	Lote	p.H	%		meq/ 100 g Suelo				partes por millón							meq/100g de suelo	Relacion C/N (%)	Textura
			N	M.O*	K	Ca	Mg	Al	P	Fe	Mn	Zn	Cu	B	S	C.I.C		
200	9	8.1	0.53	14.1	5.1	51	3.0	***	1	***	****	***	***	**	**		15.5	Limoso

RELACIONES														
#Registro	(K:Ca:Mg)		Mg/K	Ca/Mg	Ca/K	Ca/(Mg+K)	%C	%Min	Da	Dr	%Porosidad	Retencion Humedad (1/3atm)	Retencion Humedad (15atm)	
200	2	17	1	0.6	17.0	10	6.3	8.2	15.4	0.44	1.97	78	76	53

Anexo 4. ANÁLISIS DE HUMEDAD PARA EL PRODUCTO FINAL OBTENIDO DE CADA PILA.

Tabla 62 Resultados del análisis de humedad por el método gravimétrico (24 horas a 105 °C) Pila 1. Realizado por el laboratorio de análisis químicos suelos y foliares UTP.

#Registro	Lote	p.H	%		meq/ 100 g Suelo				partes por millón							meq/100g de suelo	HUMEDAD (%)	Textura
			N	M.O*	K	Ca	Mg	Al	P	Fe	Mn	Zn	Cu	B	S	C.I.C		
192A	1	**	**	**	**	**	**	***	*	***	***	**	***	**	**	***	33.0	***

Tabla 63 Resultados del análisis de humedad por el método gravimétrico (24 horas a 105 °C) Pila 2. Realizado por el laboratorio de análisis químicos suelos y foliares UTP.

#Registro	Lote	p.H	%		meq/ 100 g Suelo				partes por millón							meq/100g de suelo	HUMEDAD (%)	Textura
			N	M.O*	K	Ca	Mg	Al	P	Fe	Mn	Zn	Cu	B	S	C.I.C		
193A	2	**	**	**	**	**	**	***	*	***	***	**	***	**	**	***	27.0	***

Tabla 64 Resultados del análisis de humedad por el método gravimétrico (24 horas a 105 °C) Pila 3. Realizado por el laboratorio de análisis químicos suelos y foliares UTP.

#Registro	Lote	p.H	%		meq/ 100 g Suelo				partes por millón							meq/100g de suelo	HUMEDAD (%)	Textura
			N	M.O*	K	Ca	Mg	Al	P	Fe	Mn	Zn	Cu	B	S	C.I.C		
194A	3	**	**	**	**	**	**	***	*	***	***	**	***	**	**	***	28.0	***

Tabla 65 Resultados del análisis de humedad por el método gravimétrico (24 horas a 105 °C) Pila 4.
Realizado por el laboratorio de análisis químicos suelos y foliares UTP.

#Registro	Lote	p.H	%		meq/ 100 g Suelo				partes por millón							meq/100g de suelo	HUMEDAD (%)	Textura	
			N	M.O*	K	Ca	Mg	Al	P	Fe	Mn	Zn	Cu	B	S	C.I.C			
195A	4	**	**	**	**	**	**	**	***	.	***	***	***	***	**	**	***	20.0	***

Tabla 66 Resultados del análisis de humedad por el método gravimétrico (24 horas a 105 °C) Pila 5.
Realizado por el laboratorio de análisis químicos suelos y foliares UTP.

#Registro	Lote	p.H	%		meq/ 100 g Suelo				partes por millón							meq/100g de suelo	HUMEDAD (%)	Textura
			N	M.O*	K	Ca	Mg	Al	P	Fe	Mn	Zn	Cu	B	S	C.I.C		
196A	5	**	**	**	**	**	**	***	.	***	***	***	***	**	**	***	16.0	***

Tabla 67 Resultados del análisis de humedad por el método gravimétrico (24 horas a 105 °C) Pila 6.
Realizado por el laboratorio de análisis químicos suelos y foliares UTP.

#Registro	Lote	p.H	%		meq/ 100 g Suelo				partes por millón							meq/100g de suelo	HUMEDAD (%)	Textura
			N	M.O*	K	Ca	Mg	Al	P	Fe	Mn	Zn	Cu	B	S	C.I.C		
197A	6	**	**	**	**	**	**	***	.	***	***	***	***	**	**	***	23.0	***

Tabla 68 Resultados del análisis de humedad por el método gravimétrico (24 horas a 105 °C) Pila 7.
Realizado por el laboratorio de análisis químicos suelos y foliares UTP.

#Registro	Lote	p.H	%		meq/ 100 g Suelo				partes por millón							meq/100g de suelo	HUMEDAD (%)	Textura
			N	M.O*	K	Ca	Mg	Al	P	Fe	Mn	Zn	Cu	B	S	C.I.C		
198A	7	**	**	**	**	**	**	***	.	***	***	***	***	**	**	***	36.0	***

Tabla 69 Resultados del análisis de humedad por el método gravimétrico (24 horas a 105 °C) Pila 8.
Realizado por el laboratorio de análisis químicos suelos y foliares UTP.

#Registro	Lote	p.H	%		meq/ 100 g Suelo				partes por millón							meq/100g de suelo	HUMEDAD (%)	Textura	
			N	M.O*	K	Ca	Mg	Al	P	Fe	Mn	Zn	Cu	B	S	C.I.C			
199A	8	**	**	**	**	**	**	**	***	.	***	****	***	***	**	**	****	25.0	***

Tabla 70 Resultados del análisis de humedad por el método gravimétrico (24 horas a 105 °C) Pila 9.
Realizado por el laboratorio de análisis químicos suelos y foliares UTP.

#Registro	Lote	p.H	%		meq/ 100 g Suelo				partes por millón							meq/100g de suelo	HUMEDAD (%)	Textura	
			N	M.O*	K	Ca	Mg	Al	P	Fe	Mn	Zn	Cu	B	S	C.I.C			
200A	9	**	**	**	**	**	**	**	***	.	***	****	***	***	**	**	****	34.0	***

Anexo 5. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LOS DIFERENTES PROCESOS



Figura 32 Proceso de pesaje



Figura 33 Proceso de clasificación



ELABORACIÓN DE PILAS PARA LA COMPOSTA

Figura 34 Elaboración de pilas para la composta



VOLTEOS TOMA DE TEMPERATURA Y LIXIVIADO

Figura 35 Volteos toma de temperatura y lixiviados



MADURACIÓN Y MEDICIÓN DE pH

Figura 36 Maduración y medición de pH



TAMIZADO O CERNIDO

Figura 37 Tamizado o cernido

ANEXO 6. RESULTADOS ESTADÍSTICOS.

Tabla 71 Estadísticos descriptivos para comprobar la normalidad de los datos

Shapiro-Wilks (modificado)					
Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
HUMEDAD	9	26,89	6,68	0,95	0,7510
Ph	9	8,04	0,15	0,84	0,0892
N	9	0,51	0,04	0,93	0,5896
M.O	9	13,52	1,53	0,91	0,4391
K	9	5,21	0,18	0,88	0,2127
Ca	9	56,56	3,94	0,77	0,0088
Mg	9	3,00	0,00	sd	>0,9999
P	9	1,44	0,73	0,68	0,0010
C/N	9	15,50	0,50	0,87	0,1732

Tabla 72 Análisis de Varianza y Test de LSD Fisher para el parámetro Humedad comparado por Tratamiento de compostaje.

HUMEDAD				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
HUMEDAD	9	0,23	0,00	25,13

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	82,89	2	41,44	0,91	0,4525
TRATAMIENTO	82,89	2	41,44	0,91	0,4525
Error	274,00	6	45,67		
Total	356,89	8			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=13,50120

Error: 45,6667 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
T2	22,67	3	3,90 A
T3	28,33	3	3,90 A
T1	29,67	3	3,90 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Tabla 73 Análisis de Varianza y Test de LSD Fisher para el parámetro pH comparado por Tratamiento de compostaje.

Ph

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ph	9	0,01	0,00	2,15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2,2E-03	2	1,1E-03	0,04	0,9639
TRATAMIENTO	2,2E-03	2	1,1E-03	0,04	0,9639
Error	0,18	6	0,03		
Total	0,18	8			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,34605
 Error: 0,0300 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
T2	8,03	3	0,10 A
T1	8,03	3	0,10 A
T3	8,07	3	0,10 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Tabla 74 Análisis de Varianza y Test de LSD Fisher para el parámetro Nitrógeno comparado por Tratamiento de compostaje.

N

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
N	9	0,12	0,00	8,68

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,7E-03	2	8,4E-04	0,43	0,6709
TRATAMIENTO	1,7E-03	2	8,4E-04	0,43	0,6709
Error	0,01	6	2,0E-03		
Total	0,01	8			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,08885
 Error: 0,0020 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
T2	0,50	3	0,03 A
T3	0,51	3	0,03 A
T1	0,53	3	0,03 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Tabla 75 Análisis de Varianza y Test de LSD Fisher para el parámetro Materia Orgánica comparado por Tratamiento de compostaje.

M.O

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
M.O	9	0,12	0,00	12,24

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2,35	2	1,17	0,43	0,6700
TRATAMIENTO	2,35	2	1,17	0,43	0,6700
Error	16,45	6	2,74		
Total	18,80	8			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=3,30777
 Error: 2,7411 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
T2	12,97	3	0,96 A
T3	13,40	3	0,96 A
T1	14,20	3	0,96 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Tabla 76 Análisis de Varianza y Test de LSD Fisher para el parámetro Potasio comparado por Tratamiento de compostaje

K

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
K	9	0,43	0,24	3,07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,12	2	0,06	2,26	0,1854
TRATAMIENTO	0,12	2	0,06	2,26	0,1854
Error	0,15	6	0,03		
Total	0,27	8			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,31939
 Error: 0,0256 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
T2	5,10	3	0,09 A
T3	5,17	3	0,09 A
T1	5,37	3	0,09 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Tabla 77 Análisis de Varianza y Test de LSD Fisher para el parámetro Calcio comparado por Tratamiento de compostaje.

Ca

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ca	9	0,38	0,17	6,35

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	46,89	2	23,44	1,82	0,2413
TRATAMIENTO	46,89	2	23,44	1,82	0,2413
Error	77,33	6	12,89		
Total	124,22	8			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=7,17266
 Error: 12,8889 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
T3	53,33	3	2,07 A
T1	58,00	3	2,07 A
T2	58,33	3	2,07 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Tabla 78 Análisis de Varianza y Test de LSD Fisher para el parámetro Magnesio comparado por Tratamiento de compostaje.

Mg

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Mg	9	sd	sd	0,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00	2	0,00	sd	sd
TRATAMIENTO	0,00	2	0,00	sd	sd
Error	0,00	6	0,00		
Total	0,00	8			

P

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
P	9	0,37	0,16	46,15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,56	2	0,78	1,75	0,2519
TRATAMIENTO	1,56	2	0,78	1,75	0,2519
Error	2,67	6	0,44		
Total	4,22	8			

Tabla 79 Análisis de Varianza y Test de LSD Fisher para el parámetro Relación C/N comparado por Tratamiento de compostaje

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,33193
Error: 0,4444 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
T2	1,00	3	0,38 A
T3	1,33	3	0,38 A
T1	2,00	3	0,38 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

C/N

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
C/N	9	0,48	0,31	2,70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,99	2	0,49	2,81	0,1377
TRATAMIENTO	0,99	2	0,49	2,81	0,1377
Error	1,05	6	0,18		
Total	2,04	8			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,83710
Error: 0,1756 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
T2	15,23	3	0,24 A
T3	15,30	3	0,24 A
T1	15,97	3	0,24 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)