

CONTENIDO

	pág.
CONTENIDO	3
1. ELECCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL TEMA.....	9
1.1 TÍTULO DEL PROYECTO.....	9
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA QUE EL TRABAJO TIENE EN EL CAMPO PROFESIONAL.....	9
1.4 DELIMITACIÓN	10
1.4.1 Tiempo.	10
1.4.2 Espacio.	10
1.4.3 Impacto..	10
2. OBJETIVOS.....	11
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	11
2.2 OBJETIVO DEL PROYECTO	11
2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
3. MARCO DE REFERENCIA	12
3.1 ANTECEDENTES.....	12
3.1.1 Gestión de los residuos sólidos en el mundo.	12
3.1.2 Gestión de residuos orgánicos en diferentes zoológicos del mundo..	13
3.1.3 Gestión de los residuos orgánicos en Colombia.	14
3.1.4 Gestión del manejo de residuos orgánicos en el zoológico de Cali. ..	14
3.2 MARCO TEÓRICO	14
3.2.1 Propiedades de un abono orgánico.....	14
3.2.2 ¿Qué es la materia orgánica?	16
3.2.3 ¿Qué es el compostaje?	17
3.2.4 Técnicas de compostaje.....	17
3.2.5 Consideraciones para las instalaciones de la compostera.....	18
3.2.6 Variables.	19
3.2.7 Zoológico de Cali.....	20
3.3 MARCO LEGAL.....	21
4. ASPECTOS METODOLÓGICOS	23

4.1	ETAPAS DEL PROYECTO.....	23
5.	ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO.....	24
5.1	RECURSOS	24
5.1.1	Humanos.....	24
5.1.2	Tecnológicos	24
6.	METODOLOGÍA.....	25
6.1	RECONOCIMIENTO DE ÁREAS	25
6.1.1	Zonas de Generación de Residuos Orgánicos.....	25
6.1.2	Recolección de datos.....	26
6.2	TOMA DE DATOS	28
6.2.1	Descripción de los elementos empleados para la recolección de datos	29
6.2.2	Análisis de proyectos.:	34
7.	DESARROLLO	36
7.1	SITUACIÓN ACTUAL DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN LAS DIFERENTES ZONAS DEL ZOOLOGICO DE CALI	36
7.1.1	Zona Administración (zona 1).	36
7.1.2	Zona Parque.	39
7.1.3	Zona Cocina de Animales.	39
7.1.4	Datos otros proyectos	40
7.2	DATOS OBTENIDOS POR AUTORES.	46
7.2.1	Datos pesados en las diferentes zonas del zoológico de Cali.....	46
7.2.1.2	Test de normalidad.	52
7.2.1.4	Comportamiento de los Datos.....	55
7.3	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE ACUERDO A LA GENERACIÓN DE MO 58	
7.3.1	Naturaleza de la MO según su descomposición.	60
7.3.2	Categoría de la MO.....	61
7.3.3	Proporción de combinaciones según cantidad generada de cada material.....	61
8.	CONCLUSIONES	63
9.	RECOMENDACIONES.....	64
9.1	Persona encargada de la compostera.	
9.2	Ubicación de los costales que se generan en la zona administrativa.	64

9.3	Otro tipo de materiales que se pueden tener en cuenta para el compostaje.....	66
9.4	Compostaje de residuos cárnicos o restos de animal.....	66
9.5	Dotación del personal encargado de la zona compostera y de la recolección de los MO.....	66
9.6	Cálculos que se deben tener en cuenta para validar que la MO que se va a utilizar para la compostera sea la adecuada.	67
9.7	Utilización cajones de compost.....	67
9.8	Capacidad compostera.....	67
9.9	Utilización de compost.....	68
9.10	Alistamiento de materiales.....	68
9.11	Implementación de un biodigestor.....	68
9.12	Horarios y recorrido para que el camión recoja los costales al interior del zoológico.....	68
	BIBLIOGRAFÍA.....	73

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Ventajas y desventajas del abono orgánico.....	14
Tabla 2. Generación de los Residuos al interior de las Exhibiciones.....	45
Tabla 3. Generación de Excretas al interior de las exhibiciones.....	45
Tabla 4 Toma de Datos de las Zonas del Zoológico de Cali.....	46
Tabla 5. Toma de Datos de las Zonas del Zoológico de Cali sin atípicos.....	51
Tabla 6. Tipo de material, lugar de generación y cantidad generada	59
Tabla 7. Categorización de los materiales y cantidades	61

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1 Costal empleado para recoger hojarasca en zona administración y zona parque.....	29
Imagen 2 Costal en su máxima capacidad	30
Imagen 3 Balanza Cocina	31
Imagen 4 Modo de pesar costales	32
Imagen 5 Arrumes compostera artesanal	32
Imagen 6 Góndola Zona Compostera.....	33
Imagen 7 Desperdicios dentro de la góndola.....	34
Imagen 8 Modo de pesar costales	37
Imagen 9. Pilas de residuos guardados en la compostera artesanal.....	38
Imagen 10. Pesaje de los residuos guardados en la compostera artesanal	38
Imagen 11. Ruta Actual para Recogida de Costales con Residuos.....	69
Imagen 12. Recorrido Camión y Puntos a Recoger Residuos	70

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Mapa Fundación Zoológico de Cali	25
Ilustración 18. Residuo Diarios Generados en las exhibiciones de la sección 1	40
Ilustración 19. Residuo Diarios Generados en las exhibiciones de la sección 2	41
Ilustración 20. Residuo Diarios Generados en las exhibiciones de la sección 3	41
Ilustración 21. Residuo Diarios Generados en las exhibiciones de la sección 4	42
Ilustración 22. Residuo Diarios Generados en las exhibiciones de la sección 5	42
Ilustración 23. Residuo Diarios Generados en las exhibiciones de la sección 6	43
Ilustración 24. Residuo Diarios Generados en las exhibiciones de la sección 7	43
Ilustración 25. Residuo Diarios Generados en las exhibiciones de la sección 8	44
Ilustración 26. Residuo Totales Generados en las exhibiciones	44
Ilustración 27. Mapa Fundación Zoológico de Cali (ruta para dejar residuos de Zona Administrativa)	65

1. ELECCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL TEMA

1.1 TÍTULO DEL PROYECTO

Procesos y procedimientos para el manejo de la compostera en el Zoológico de Cali.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el zoológico mensualmente se están generando aproximadamente cinco toneladas de residuos orgánicos, que se derivan de frutas, hojas de árboles, cárnicos, huesos, excretas y concentrados. Actualmente, no tienen un manejo adecuado de que facilite el uso de estos residuos para otros procesos y por lo tanto gran parte de estos residuos son desechados como basuras o incinerados generando un impacto ambiental negativo.

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA QUE EL TRABAJO TIENE EN EL CAMPO PROFESIONAL

El buen manejo de los residuos ha despertado un gran interés por parte de las comunidades a nivel global. Esto se debe a que poco a poco la humanidad ha visto los grandes cambios climáticos y consecuencias en el medio ambiente que se están generando por la mala utilización de los recursos en el planeta.

Alrededor del mundo se han presentado grandes iniciativas y cambios respecto al ámbito ecológico donde se crean leyes y normas que protegen el medio ambiente y velan por el buen uso de los recursos de nuestro planeta. Debido a esto, se ha visto un gran interés por la preservación de las zonas naturales, con el fin de lograr un entorno que presente características adecuadas para ser habitado y sobre todo, que permanezca de esta forma por muchos años permitiendo así, una estabilidad tanto en el nivel de vida como en estabilidad socioeconómica.

Colombia como país rico en recursos naturales, no se queda atrás en este tipo de acciones, por lo tanto se ha visto un gran movimiento por declarar algunas zonas como reservas ecológicas que no permiten su explotación en términos de recursos naturales. Por otro lado, se han creado proyectos de manejo de residuos como lo es, el plan de gestión integral de residuos sólidos PGIRS.

El PGIRS es un plan en el cual se establecen diferentes procesos y prácticas respecto a los residuos sólidos producidos. En este se incluye información sobre

disposición final de residuos, su clasificación, aprovechamiento tanto a nivel social como económico. Establece las etapas y actividades a realizar con el fin de facilitar el manejo de dichos residuos tanto en su separación como disposición final. Lo anterior es visto en el zoológico de Cali donde la comunidad ha prestado gran atención respecto a la conservación el medio ambiente y se han buscado maneras para mitigar el impacto ambiental que estos tienen.

Para la Ingeniería Industrial este proyecto es de gran interés ya que está directamente involucrado con áreas relevantes, tales como medio ambiente, logística, planeación, calidad, distribución de planta, las cuales tratan sobre el buen funcionamiento de procesos estableciendo estándares de calidad trayendo grandes beneficios al medio ambiente.

1.4 DELIMITACIÓN

1.4.1 Tiempo. El desarrollo del proyecto se plantea para dos semestres académicos que comprenden el segundo semestre del año 2012 y el primer semestre del 2013, en estos periodos se trabajará sobre la recolección y análisis de la información bibliográfica, teniendo en cuenta los requerimientos de la compostera. El trabajo de campo incluye la recolección de datos sobre los residuos generados en las diferentes áreas del Zoológico.

1.4.2 Espacio. Este proyecto se lleva a cabo en las instalaciones del zoológico de Cali, en el área, administrativa, exhibición y clínica del parque. En éstas se realizará un análisis sobre los datos obtenidos para definir los procesos y poder llevar a cabo las actividades a realizar.

1.4.3 Impacto. El tipo de impacto que va a generar este proyecto va a ser tipo ambiental, se dará un mejor manejo a los residuos orgánicos que salen del zoológico de Cali y permitirá generar conciencia a las personas involucradas en este sitio para que hagan una adecuada separación de materiales y con estos generar abonos al suelo para que sean más fértiles y se genere un mayor aprovechamiento de este tipo de material debido a su calidad. Por otro lado, el Zoológico de Cali estará en la capacidad de establecer las cantidades de compost que se generará mensualmente en su compostera debido a las mediciones de material orgánico que se harán.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Contribuir al aprovechamiento eficiente de los desechos orgánicos generados en los zoológicos.

2.2 OBJETIVO DEL PROYECTO

Diseñar la guía de procesos y procedimientos para la utilización de la compostera del zoológico de Cali.

2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los procesos actuales de generación y manejo de residuos orgánicos
- Validar los datos de los diferentes materiales orgánicos que se generan en las áreas del Zoológico de Cali.
- Proponer mejoras de manejo de residuos

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1 ANTECEDENTES

3.1.1 Gestión de los residuos sólidos en el mundo. En la época del feudalismo (siglo IX al siglo XIII), los residuos sólidos eran depositados o almacenados en cualquier sitio sin la preocupación de generar altos niveles de contaminación, dado que en esa época eran desechos inertes biodegradables, por lo cual su toxicidad era muy baja para un impacto ambiental comparado con los residuos que se generan hoy en día¹. A medida que fue desarrollándose la sociedad (revolución industrial principios del siglo XIX) con nuevas tecnologías, surgieron junto con estas materias primas con características distintos, haciendo que los productos finales resultaran con componentes con niveles de toxicidad muy elevados; dado a esto se observó un gran incremento en los niveles de contaminación.

En el afán del hombre de estar siempre a la cabecera y querer tener un buen ritmo en la era industrial, no mostró mayor preocupación por los niveles de toxicidad que pudieran llegar a tener los residuos sólidos; se crearon los rellenos sanitarios, donde se depositan toda clase de residuos sin importar su composición, proveniencia etc.

Estos rellenos sanitarios, que se utilizan para arrojar los desechos orgánicos e inorgánicos sin inconvenientes de generar un grave impacto ambiental, hoy en día están produciendo grandes consecuencias negativas al medio ambiente, ya que se produce contaminación atmosférica, contaminación de aguas; los suelos se vuelven infértiles por la cantidad de residuos tóxicos que se acumulan en los depósitos. Debido a esto, ha sido necesario aplicar algunas alternativas de buen manejo para estos residuos, dado que en los basureros no se ha dado un buen manejo a estos en cuanto a ubicación, control y clasificación se refiere. Para todo lo anterior, es necesario que primero se haga una categorización entre los residuos orgánicos (aquellos que sirven para hacer compost) e inorgánicos (los que se puedan reciclar); seguidamente tener un control de estos, para saber exactamente la cantidad que entra a diario a este sitio; por último, tratar de ubicar un lugar donde requieran de estos desechos orgánicos para que puedan darle un buen manejo².

¹ <http://www.desechos-solidos.com/manejo-desechos-solidos.html>

² Dimaté Carlos Arturo, "Manejo de residuos sólidos", [en línea], 2007, [octubre 2012] http://www.corporacionambientalempresarial.org.co/documentos/370_MANEJO_DE_RESIDUOS_S%C3%93LIDOS.pdf

3.1.2 Gestión de residuos orgánicos en diferentes zoológicos del mundo.

En distintos zoológicos del mundo se han implementado planes para reducir las cantidades de residuos al interior de sus instalaciones. Un ejemplo es el caso del Zoológico de Victoria (Zoos Victoria), que a partir de su preocupación por el medio ambiente, decidió implementar un plan de mejora referente a su estado ambiental.

Zoos Victoria comenzó en el 2008 con su política de sostenibilidad ambiental, con la cual (hasta la fecha) ha logrado neutralizar las emisiones de carbono, esto se ha logrado al implementar una gran eficiencia en el uso de recursos, y ha reducido los desperdicios en el campo en un 42% (208 ton) y una reducción total de desperdicio en un 28% (499 ton); esto último entre julio del 2006 y agosto del 2007. En este mismo año, logró aumentar la tasa de reciclaje de un 72% a un 78%³.

Otro ejemplo es en el zoológico de Cleveland, donde se ha presentado gran preocupación por el medio ambiente, por lo cual crearon modelos de reciclaje entre los que se encuentran el de reciclaje de aparatos electrónicos, guías telefónicas, bombillos etc., y se encuentra también, el de la creación de compost ZooPoo. Este producto proviene de los diferentes residuos orgánicos dentro del zoológico y actualmente se usa este producto tanto dentro de las instalaciones como para su comercialización⁴.

En el zoológico de San Francisco, ha sido otro de los tantos zoológicos preocupados por implementar planes de manejo de residuos producidos tanto en su interior como en sus alrededores. Entre sus programas está, el del manejo de metales, vidrios provenientes de bares y restaurantes, papel, cartón, entre estos, se encuentra el del compost. El programa de compost inicio en 1984, en el cual se creó un producto llamado “Zoo Doo”, éste, es un compost de alta calidad que se comercializa en el mercado generando ingresos al zoológico⁵.

³ Gray, Jenny: Zoos Victoria environmental sustainability strategy January 2010 [en línea]. [enero 2010], [octubre 2012] <http://www.zoo.org.au/sites/default/files/ZV-environmental-sustainability-strategy-2010.pdf>

⁴ Hughes, Nancy “ZooPoo compost”, [en línea], 2012, [octubre 2012] <http://www.clemetzoo.com/conservation/environment.asp#top>

⁵ Cotter A. Daniel, “San Francisco’s Integrated Recycling programs”, [en línea], 1990, [septiembre 2012] <http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/nawtec/1986-National-Waste-Processing-Conference/1986-National-Waste-Processing-Conference-27.pdf>

3.1.3 Gestión de los residuos orgánicos en Colombia. Según la alcaldía de Cali, en el manual de implementación de sistemas de gestión integral de residuos sólidos en eventos masivos Colombia cuenta con 32 departamentos que comprenden 1120 municipios, los cuales según el estudio generan alrededor de 27500 toneladas diarias de residuos sólidos. De estos residuos, solo un 7% son aprovechados por recicladores y un 5% se reutiliza en ciclos productivos a través de convenios directos entre el comercio y la industria.

3.1.4 Gestión del manejo de residuos orgánicos en el zoológico de Cali. Hace algunos años, en el zoológico de Cali iniciaron el proceso de recolección de materia orgánica. Ellos ubicaron unas góndolas en las cuales iban a depositar todos estos desechos, pero se han ido dando cuenta que el personal encargado de hacer esta recolección en las diferentes áreas del zoológico (exhibiciones, la clínica y la parte administrativa), no le están haciendo la separación correspondiente a los diferentes desechos (excretas, vegetal, podas), ya que ellos recogen esto y lo depositan todo en una bolsa y es ubicado en las góndolas sin hacer la separación correspondiente. Con todo lo anterior, el zoológico ha estado haciendo estudios para realizar compostaje y de esta forma darle un mejor manejo y aprovechamiento eficiente a dichos materiales⁶.

3.2 MARCO TEÓRICO

3.2.1 Propiedades de un abono orgánico. Un abono orgánico está constituido por material orgánico en distintos grados de mineralización y humos, que contribuyen significativamente al aumento de la producción, ayuda a la mejora continua de las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Claro está que el abono orgánico al tener una concentración bajo de mineral, no podrá sustituir la fertilización química.

Tabla 1. Ventajas y desventajas del abono orgánico

VENTAJAS	Características Físicas	
	Mejora la estructura del suelo	la del
Airea suelos arcillosos y agrega	los y los	Los suelos pesados (arcillosos) quedan más sueltos y más fáciles de ser trabajados. Los grumos formados por la materia orgánica dejan la tierra menos pegajosa y con poros entre los granos. Los suelos arenosos, a su vez son

⁶ ALCALDIA DE SANTIAGO DE CALI. Plan de gestión integral de residuos sólidos PGIRS [en línea]. <<http://www.Cali.gov.co/juridica/publicaciones.php?id=32970>> [citado en 10 de octubre de 2011]

arenosos		mejorados con la unión de partículas evitando una estructura excesivamente suelta evitando la corrosión.
Aumenta la capacidad de retención de agua	la de de	La materia orgánica funciona como una esponja pues consigue almacenar una cantidad de agua de cuatro a seis veces superior a su propio peso. De esta forma ayuda a reducir los efectos de sequía y los gastos de irrigación.
Mantiene constante la temperatura	la	La materia orgánica es mala conductora de calor y actúa como aislante térmico; por ello, la temperatura del suelo no varía mucho. Un terreno sin materia orgánica puede tener un aumento de hasta treinta grados centígrados, en un periodo de 24 horas. En uno con materia orgánica no pasará de los 10°C.
Características Químicas		
Almacena nutrientes		Como tiene cargas eléctricas negativas, la materia orgánica atrae nutrientes con carga positiva como calcio, potasio, magnesio. Así no son lavados por el agua de la lluvia. En la práctica eso significa mejor aprovechamiento de fertilizantes y mejor disponibilidad de nutrientes para las plantas. Esta última propiedad es conocida como capacidad de cambio catiónico, la cual es muy alta en las arcillas y muy alta en humus.
Disuelve calcáreos y fosfato	y	Los ácidos formados en la composición de la materia orgánica (carbónico, nítrico, sulfúrico, cítrico, entre otros), atacan los correctivos adicionados, y liberan el calcio, fósforo y otros nutrientes para el suelo y para las plantas.
Asocia los micronutrientes	los	La materia orgánica se aferra al zinc, hierro, magnesio y cobre protegiéndolos y liberándolos en la medida en que las plantas lo necesitan. Los compuestos resultantes de la unión de la materia orgánica con esos elementos, se conoce como “quelatos”.
Características Biológicas		
Aumenta la vida del suelo	la	La materia orgánica es alimento y energía para los organismos vivos en el suelo. Al mantenerlo suelto y aireado facilita el desarrollo de los pequeños seres que descomponen los restos de vegetales y animales.
Favorece la asimilación de los nutrientes	la	El aporte de materia orgánica favorece la introducción de microorganismos benéficos, facilitando la asimilación de los nutrientes en el suelo y los aportados por la materia orgánica, mediante la transformación y metabolización biológica de nutrientes que no pueden ser utilizados en su forma elemental por las plantas.

	Aumenta la resistencia de las plantas a plagas y enfermedades	Las plantas cultivadas en suelos abandonados con materia orgánica son más resistentes a las plagas y enfermedades, ya que la alta carga de especies benéficas presentes en la materia orgánica, contribuye a la reducción de población de organismos patógenos, actuando como predadores de estos y compitiendo con los mismos por el alimento.
DESVENTAJAS	<p>Pueden ser vectores de enfermedades tanto para las plantas como para los consumidores, si la materia orgánica no ha sido tratada de forma adecuada y se adiciona al suelo en estado de inmadurez.</p> <p>La cantidad requerida para abonar es grande.</p> <p>Su composición irregular hace difícil determinar las dosis de aplicación en los diferentes suelos.</p> <p>Se tienen pérdidas considerables de nitrógeno.</p>	

Fuente: Guía tecnológica para el manejo integral del sistema productivo de la caña panelera

3.2.2 ¿Qué es la materia orgánica? La materia orgánica (MO), se compone de dos tipos de materiales. Estos son los restos de animales, vegetales y el humus resultante entre reacciones de nuevas sustancias formadas. Estos tipos de MO tienen diferentes estados de descomposición con distintas propiedades. Dicha descomposición ocurre por dos procesos:

- **Mineralización:** Este proceso sucede para pasar de ser un material orgánico a uno inorgánico, todo esto con ayuda de seres mayores como las hormigas, arañas, lombrices, entre otros invertebrados, que van triturando la MO y seguidamente esta es descompuesta por microorganismos tales como hongos y bacterias. Las plantas verdes, el estiércol fresco y líquido se descomponen con mayor facilidad.
- **Humificación:** Este proceso se da para la descomposición de la MO fresca y lleva a la formación de humus. Este humus es la parte más activa y estable de la MO, la cual va a influir en la fertilidad del suelo, que a su vez contribuirá a una mejor producción agrícola. Toda la parte vieja de las plantas y estiércol, compuestos orgánicos de compleja y lenta descomposición, contribuyen a la formación del humus. Cabe resaltar que todo humus es MO, pero no toda MO es humus.

3.2.3 ¿Qué es el compostaje? El compostaje es el proceso mediante el cual los desechos orgánicos tienen una transformación gracias a la acción de los macroorganismos (arañas, lombrices, hormigas, entre otros) y microorganismos (bacterias y hongos), en interacción de unos factores tales como la temperatura, humedad y aireación. Después de haber realizado el proceso del compostaje, se va a tener como producto final el compost (abono para suelos); siendo de origen animal (excretas, rastros, animales muertos) y/o vegetal.

3.2.4 Técnicas de compostaje. Existen diferentes tipos de técnicas para el compostaje, en este proyecto se tratarán dos de ellas, ya que son técnicas económicas en el momento de ser implementadas y evaluar cuál de las dos es la más adecuada para implementar una compostera en el zoológico de Cali. Las técnicas son las siguientes:

3.2.4.1 Compostaje en pilas. Básicamente esta técnica se trata de apilar los diferentes residuos por montones y después realizar unos volteos frecuentes, que van a permitir la mezcla de los diferentes materiales, y de esta forma dejar dicha composición mucho más suelta, permitiendo así una mayor aireación para ésta. Para esta práctica se recomiendan las siguientes dimensiones para construir las pilas: de 1,5 metros a 3,5 metros para el ancho; 0,7 a 1,5 de altura; y de longitud es preferible dejarlo variable, es decir que quede en función de la cantidad del material, por lo cual se van a encontrar pilas más largas que otras. De igual manera, las pilas no deben ser muy grandes, ya que esto dificultaría el manejo de la compostera, haciendo que los volteos se tornen complejos, el paso del aire por toda la mezcla va a ser nulo, la pérdida de humedad va a ser muy baja y la descomposición de los residuos va a ser muy lenta y poco uniforme. Esto, hará que el resultado final respecto a la calidad sea variable. El lugar para la instalación de la compostera en pila, debe ser amplio tanto para llevar a cabo el proceso de compostaje, como para la manipulación de éste. También, se debe encerrarse el lugar por medio de una malla y que sea cubierto por un techo.

3.2.4.2 Compostaje en cajones. Este tipo de compostaje consiste en colocar el material que se recoge de la cama (capa vegetal que se introduce en el lugar donde habita el animal, ya sea establo, galpón, porqueriza, entre otros, con el fin de recoger las excretas producidas por estos.), usando cajones con compartimientos destinados al volteo del material. Las dimensiones para esta técnica deben mantener una relación alto: ancho de 2: 1, y la longitud irá en función de la cantidad de residuos que se vaya a manejar. Es recomendable no hacer cajones ni muy altos ni muy angostos, dado que a menor área, el material va a tender a compactarse, va a presentar problemas de preservación de la humedad y zonas anaerobias por la falta de aireación del material. Para este tipo de técnica, es necesario que se tenga un espacio curado (limpio de trabajos anteriores ó material ajeno al proceso), para que el compost permanezca unos 15 días en reposo y luego pase a ser utilizado o empacado para su comercialización. Este sitio debe estar bajo techo y encerrado.

3.2.5 Consideraciones para las instalaciones de la compostera

Diseño del sitio:

- El área donde se va a hacer el compostaje depende directamente de la cantidad de los residuos, de las veces que se vaya a cambiar la cama y del tiempo que va a durar el proceso del compostaje.
- Dependiendo de la técnica de compostaje que se vaya a utilizar se adecuaran las instalaciones para llevar a cabo el proceso.
- Se recomienda que el sitio esté ubicado con cierta cercanía a los animales, para que el transporte de los residuos que se obtienen por parte de estos sea más rápido y fácil de llevar.
- La distancia mínima a la que debe ubicarse el sitio donde se va a instalar la compostera debe estar entre 60 y 150 metros de fuentes de agua, lagos, ríos.
- Si los suelos donde se va a realizar el compostaje son con baja impermeabilidad, es necesario impermeabilizarlo, para evitar de esta manera que las aguas subterráneas sean contaminadas debido a la reproducción de lixiviados.
- Es importante considerar un pasillo para la manipulación del proceso y manejo de las pilas, esta dimensión debe ser de 1,5 a 2 metros entre las pilas.
- En el momento en que es escogido el área donde se va a trabajar según las recomendaciones anteriores, es necesarios remover las malezas, arbustos u otros elementos que no vayan a permitir que el proceso se realice como debe ser y obtener un compost con la misma calidad.

3.2.6 Variables. Para que el proceso del compostaje se pueda llevar a cabo de la mejor manera, es necesario tener en cuenta ciertas variables. Es necesario que en el sitio donde se va a trabajar el compostaje estas variables permanezcan lo más controladas posibles, para obtener los resultados que se quieren con el compost. Estas variables son las siguientes:

- **Humedad:** Cuando la humedad supera el 60%, se desplaza el aire existente entre las partículas de la masa y el medio tiende a convertirse anaerobio, se producen olores desagradables. Si la humedad presenta un porcentaje menor al 40%, el proceso se vuelve lento, además se reduce su actividad biológica; si es menor del 30%, los microorganismos pasan a fases estacionarias o en su defecto mueren y el proceso de inmediato se detiene. Para darse cuenta si el porcentaje de humedad es el correcto se hace la prueba de puño, la cual consiste en empuñar cierta cantidad de material y observar que si gotea, éste no sea muy constante y mucho menos nulo, debe ser poco goteo. Si se presenta un goteo continuo, es necesario voltear el material y hacer hoyos con ayuda de palos para que se vaya distribuyendo por todo el área y si es nulo, es necesario agregar un poco de agua para que la humedad aumente y moverla para que sea homogénea en toda el área.
- **Aireación:** Éste es el principal parámetro que se debe controlar para hacer el compost; como resultado de una mala aireación se diagnostica la aparición de olores poco deseables causados por la putrefacción de la MO. Esta variable se puede controlar con los volteos que se le deben hacer a las pilas, los volteos de estos dependen de la tasa de descomposición que tengan los residuos, la porosidad del material, humedad y tiempo de compostaje. Al principio como el nivel de humedad es tan alto, es necesario que los volteos sean mucho más frecuentes, a medida que vaya avanzando el compostaje y se acerque a su etapa final, es necesario que estos vayan disminuyendo. El objetivo del volteo, es reducir los niveles de humedad a valores entre 25% a 35%, que son los recomendados para los procesos de empaque e incorporación al suelo. Cabe resaltar que el volteo es la operación que demanda más mano de obra y energía.
- **Temperatura:** La temperatura es la variable más importante dentro del proceso de compostaje, debido a que ésta es la que determina el momento en el cual el proceso inicia y finaliza. De esta forma, la decisión de desmontar la pila hace pasar a un segundo plano las pruebas organolépticas (color y olor del material), las pruebas físico-químicas y biológicas que son demoradas y requieren de envío de muestras al laboratorio. Durante los primeros cuatro días (4) la temperatura debe estar aumentando, y el rango de ésta está entre 60 a 75°C; si esto no sucede se debe entrar a inspeccionar la mezcla verificando que no tenga un nivel muy alto de bagazo o que también presente niveles de humedad muy bajos o muy altos. Además, se es necesario tener presente que si se produce una

pérdida considerable de nitrógeno por emanación de amoníaco, la temperatura puede caer demasiado rápido, esto se debe a que hay mucha cantidad de estiércol dentro de la mezcla.

3.2.7 Zoológico de Cali. Uno de los objetivos del zoológico de Cali, es crear conciencia ambiental en la sociedad, por ello han establecido unos centros de trabajo que ayudan a que dicho objetivo sea alcanzado. Estos centros de trabajo son los siguientes:

- **CREA:** Centro de investigación de la fundación donde se Desarrollan Programas de conservación.
- **CAFS:** Centro de Atención de Fauna Silvestre, es el lugar donde se coordinan las actividades con las autoridades ambientales en el manejo de animales silvestres⁷.

Con estos centros y otras actividades propias del zoológico tales como vacaciones recreativas entre otras, se busca crear una conciencia y preservación por la fauna y flora. La importancia de este sitio donde se reúnen en sus 9 hectáreas de parque, 2500 animales de 233 especies⁸, radica en que más que ser un lugar donde se exhiben animales, es un centro de preservación de especies tal como lo dice el periodista Juan Pablo Ruiz Soto del periódico el Espectador.com⁹, es su artículo de opinión llamado: “Zoológico de Cali: un ejemplo nacional”.

“El zoológico ha logrado éxitos reproductivos importantes con otras especies nativas, como la nutria gigante de río, seis especies de ranas venenosas, paujiles, pavas de monte, el gallito de roca y el flamenco del Caribe, entre otras.”¹⁰

Siguiendo con la idea de preservación del medio ambiente, el zoológico de Cali quiere reducir las emisiones de carbono que se producen al momento de la incineración de los animales muertos, también mejorar la recolección de los materiales orgánicos que se da en las diferentes áreas del zoológico (exhibiciones, clínica y parte administrativa). Se quiere hacer un uso apropiado de estos desechos, por esto han decidido implementar una compostera, y evitar que la mayoría de este material se deposite en góndolas para basura, lo cual no permite darle el mejor manejo y aprovechamiento a estos residuos. Teniendo en cuenta lo anterior, ellos se deben encargar de definir cuáles van a ser las dimensiones de

⁷ <http://www.icesi.edu.co/blogs/zoogestion/files/2011/02/PLAN-ESTRATEGICO-2011-2013-FUNDACION-ZOOLOGICO-DE-CALI.pdf>

⁸ <http://www.zoologicodecali.com.co/es/seccion/como-funciona-el-zoo>

⁹ <http://www.elespectador.com>

¹⁰ Ruiz Juan Pablo, Zoológico de Cali: un ejemplo nacional,[en línea], Julio 2012,[octubre 2012], <http://www.elespectador.com/opinion/columna-364178-zoologico-de-cali-un-ejemplo-nacional>

cada caja para la compostera y así determinar cuánto es el tiempo que se van a demorar para producir compost.

3.3 MARCO LEGAL

- **Ley 99 de diciembre 22 de 1993:** Elaborada por el congreso de la República de Colombia, por la cual se crea el Ministro de Medio Ambiente, se ordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y de los recursos naturales renovables; se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones. Una de las funciones del Ministerio es regular las condiciones generales para el saneamiento del medio ambiente y el uso, manejo, aprovechamiento, conservación restauración y recuperación de los recursos naturales, a fin de impedir, reprimir, eliminar o mitigar el impacto de actividades contaminantes, deterior antes o destructivas del entorno o del patrimonio natural.
- **Decreto 605 de 1996:** Por medio del cual se establecen los lineamientos para la adecuada prestación de un servicio de aseo desde su generación, almacenamiento, recolección y transporte, transferencia hasta su disposición final y las prohibiciones y sanciones en relación con la prestación del servicio público domiciliario de aseo.
- **Decreto 1713 de 2002:** Elaborado por la presidencia de la República de Colombia; por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con las Gestión de Residuos Sólidos. Establece normas orientadas a reglamentar el Servicio Público de aseo en el marco de la gestión integral de los residuos sólidos ordinarios, en materia referente a sus componentes, niveles, clases, modalidades, calidad y el régimen de las personas prestadoras del servicio de los usuarios.
- **Decreto 838 de 2005:** Elaborado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos, consideraciones ambientales sobre rellenos sanitarios, fomento a la regionalización de los rellenos sanitarios y se dictan otras disposiciones.
- **Instalación, manejo y comercialización de la Lombricultura y el Compostaje:** UNICEF-SENA Min Desarrollo – Min ambiente-SSPD-CRA-IDEA-Embajada de Holanda- Alcaldía de Bello, medio magnético, 2001.
- **Decreto 2202 de 1968:** Expedido por la Presidencia de la República, por lo cual se reglamenta la industria y el comercio de los abonos o fertilizantes químicos simples, químicos compuestos, orgánicos naturales, orgánicos reforzados, enmiendas y acondicionadores del suelo y se derogan unas disposiciones.

- **NTC 5167. 2004-05-31:** Productos para la industria agrícola. Materiales orgánicos usados como fertilizantes acondicionadores del suelo. Establece requisitos que se deben cumplir y los ensayos a los cuales deben ser sometidos los productos orgánicos usados como fertilizantes. Reglamenta los limitantes 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 algunos parámetros para los análisis microbiológicos.
- **Resolución ICA No. 00150 del 21 de enero de 2003:** Expedida por el Instituto Colombiano Agropecuario. Por el cual se adopta el reglamento técnico de fertilización y acondicionadores de suelos para Colombia.

4. ASPECTOS METODOLÓGICOS

4.1 ETAPAS DEL PROYECTO

Para cumplir con los objetivos del proyecto, primero se harán visitas al zoológico. En ésta se hablará con el personal encargado de la recolección para identificar los diferentes procesos, recorridos, herramientas y métodos utilizados para el proceso de recolección de los residuos en la fundación Zoológico de Cali. Con esto se pretende identificar la situación actual del Zoológico sobre el manejo de los residuos sólidos en sus instalaciones.

En esta etapa se pasará a la toma de datos. Se seguirá al personal encargado de la recolección de los residuos en las diferentes zonas del Zoológico para poder separar y medir los diferentes residuos generados en las áreas. A partir de esto, se establecerán las cantidades que se producen de cada material. Para esta etapa, se deberá establecer un método de recolección de residuos que permita su separación, clasificación y medición.

Al terminar con la toma de datos se validarán estos teniendo en cuenta datos ya existentes realizados por la universidad Icesi y la fundación Zoológico de Cali. Esto con el fin de partir de un punto medio entre las tomas, será necesario sacar las proporciones de cada material y así establecer cuáles son las cantidades que se deben manejar de cada desecho orgánico y de esta forma determinar las cantidades disponibles para la implementación de la compostera.

Una vez se tengan estos datos, se evaluará en la ruta el uso apropiado de las herramientas disponibles, ya sea para la persona encargada de hacer la recolección de los residuos orgánicos o el camión que va a hacer el recorrido en ciertos lugares. También, hacer recomendaciones sobre el recorrido teniendo en cuenta los horarios de visitantes en el zoológico y la ruta existente. Para lo anterior, es necesario saber la ruta que se lleva en este momento y que horario se ajusta más a las necesidades del Zoológico de Cali.

Después de haber validado los datos de las cantidades de cada residuo y la ruta más eficiente, será necesaria la realización de la guía con todos los procesos y procedimientos para la implementación de la compostera, esto con el fin de que el zoológico pueda tener una base donde se establezcan consideraciones para que puedan implementar su proyecto de compostera.

5. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO

5.1 RECURSOS

5.1.1 Humanos. Para la realización de este proyecto, será necesario contar con la colaboración del personal capacitado del zoológico de Cali, que ayude con la recolección de los diferentes materiales que se obtienen de este establecimiento, igualmente es necesario el apoyo del tutor temático, para lo relacionado a los temas que se deben incluir en el trabajo escrito del proyecto y sobre todo en el acompañamiento para el buen desarrollo de éste, y del tutor metodológico Jairo Guerrero.

5.1.2 Tecnológicos

- Balanza. Con ayuda de la balanza, se medirán las diferentes cantidades de material orgánico genera
- Computador: Con ayuda del computador y los programas que éste tenga (Visio, Word y Excel, minitab), permitirán a la buena presentación de los diagramas donde se presentaran las rutas, proporciones que se deben manejar de cada material y la elaboración del informe final, mostrando los resultados y análisis detallados de toda la investigación que fue necesaria para dicho informe.

6. METODOLOGÍA

6.1 RECONOCIMIENTO DE ÁREAS

6.1.1 Zonas de Generación de Residuos Orgánicos. En las 15 hectáreas que tiene el Zoológico de Cali se hace la recolección de los desechos y esta recolección se divide en tres zonas. La zona uno (1) corresponde a la parte administrativa que va desde la entrada del zoológico hasta el puente que cruza el río Cali al interior del zoológico. La zona dos (2), es la que corresponde a la parte de parque, aquí se encuentran todas las exhibiciones. La zona tres (3), la cual sólo permite el paso del personal autorizado; en este lugar se ubica la cocina para alimento de las especies, clínica CAFS, casino de empleados, zona de cuarentena, matadero, zona compostera, planta de tratamiento de agua y vivero.

Ilustración 1. Mapa Fundación Zoológico de Cali



Fuente: Plano general zoológico de Cali

Para la identificación de los procesos donde se generan residuos orgánicos, se contó con la colaboración del personal encargado de la recolecta de éstos. Javier Aguirre, Armando Aponte y Jaqueline Tolosa.

6.1.2 Recolección de datos. Según lo acordado con Camilo Lodoño, quién es la persona que está encargado del proyecto de la compostera, se estableció que los días y horarios que se iban a manejar para la toma de los datos, serían los siguientes: lunes, miércoles y viernes de 1:30 p.m. hasta que se terminara con dicha recolección. Para cada zona se realizó la medición de cada materia orgánica generada. de igual forma, se coordinó con el señor Javier Aguirre (encargado de la zona administrativa, como se mencionó anteriormente) que los días en los que no se realizara el pesaje, él podría guardar el o los costales del día anterior en la compostera artesanal que él mismo maneja; desafortunadamente esta acción no se pudo realizar con las otras dos zonas, debido a que Armando Aponte Y Jaqueline Toloso, quienes son los encargados de los residuos que se generan en la zona de parque y cocina respectivamente, no tienen donde guardar los desperdicios, dado que en el parque los costales son recogidos por el camión y son llevados al lote donde depositan este tipo de residuos.

6.1.2.1 Zona Administración (zona 1). Camilo Londoño (director del CREA y persona directamente relacionada con el tema de la compostera en el Zoológico de Cali), nos dio un recorrido por dicha zona, mostrándonos los lugares que correspondían a ésta; cubre parqueadero, entrada al Zoológico, zona de la compostera artesanal, teatrino, cafeterías abiertas al público, acuario y llega hasta el puente que cruza el río Cali. Al final del recorrido, nos presentó a Javier Aguirre encargado de recoger la hojarasca (hojas que caen de los árboles), provenientes del parqueadero y de la zona verde al interior del zoológico, por otro lado, en la cocina que está ubicada en dicha zona del zoológico dispuesta para atención al público, se producen residuos orgánicos; él nos comentaba que el material que más se genera en la zona es la hojarasca, puesto que gran parte de este lugar es zona verde. Para hacer estas mediciones, se utilizará una balanza de la cocina para hacerles el registro pertinente de los kilogramos generados en este lugar.

También mencionó que anteriormente todos estos materiales se depositaban en la góndola que se encuentra ubicada en el parqueadero, pero de un tiempo para acá, encontró un lugar donde se podría hacer una compostera artesanal. Aquí deposita la hojarasca y los desperdicios orgánicos de la zona, haciendo montoncitos y haciéndoles de vez en cuando los volteos pertinentes obteniendo abono para ser utilizado en las diferentes zonas verdes del Zoológico.

6.1.2.2 Zona Parque (zona 2). Al terminar con el reconocimiento de la zona administrativa, Camilo Londoño nos llevó enseguida a la parte de parque mostrándonos todas las exhibiciones y al finalizar el recorrido nos presentó a Armando Aponte, encargado de hacer la limpieza a esta zona; él nos comentó que en la zona parque se generan dos tipos de materiales que son útiles para la compostera, la hojarasca y las heces, pero únicamente era responsable de recoger en costales la hojarasca diaria y las podas que se realizan esporádicamente. Mencionó que las personas encargadas de llevarle la comida a los animales son los que limpian los exhibidores debido al cuidado que hay que tener para realizar estas tareas, estas personas han sido capacitadas para saber manejar a los animales cuando les invaden su hábitat. También dijo que había un camión que se encargaba de recoger los costales que salían (dependiendo de la cantidad de hojarasca que se generara por día) y que el ubicaba estos costales en lugares donde el camión tiene acceso y no desviarlos; en cuanto el camión terminara el recorrido, estos costales son llevados a un lote perteneciente a la fundación donde se depositan estos residuos.

6.1.2.3 Zona Cocina de animales (zona 3). Por último se hizo el reconocimiento de esta zona, dado que es un lugar que está apartado de todo lo que está abierto al público. Camilo Londoño nos llevó con Jaqueline Tolosa quien es la responsable de los desperdicios de comida y de las personas que van a llevar la comida y limpiar el hábitat de los animales, aunque en esta zona sólo se genera un tipo de material que son los desperdicios de comida que salen de la cocina, el personal que está en esta zona es el encargado de limpiar los hábitats y sabe lo que sucede con este material.

Esta es una zona que tan sólo permite la entrada al personal autorizado, aquí están oficinas relacionadas al mantenimiento y acondicionamiento del parque, cocina de animales, casino de empleados y un poco más arriba de ésta está la zona donde se tiene planeada la implementación de la compostera. Ella comenta que al terminar de preparar los alimentos de los animales, los desperdicios son llevados por el personal hasta la zona de la compostera y depositan las bolsas en una góndola que se ubicó allí; pasa exactamente lo mismo con las personas que se encargan de recoger las heces de los exhibidores, en el momento de que hacen la limpieza, ellos mismos se encargan de llevar esto a la góndola.

6.1.2.4 Zona Compostera. Esta zona se encuentra al interior de la zona 3. Al ser tan alejada de las otras zonas, fue la última que se visitó. En este lugar, se observaron las diferentes divisiones que se tienen, ya que también se depositan de forma separada diferentes materiales como madera, plástico, metales entre otros. Por otro lado, también tienen la góndola, que es el recipiente que utilizan para depositar los materiales orgánicos que resultan de cocina de animales y los que se generan en las diferentes exhibiciones tales como heces y residuo vegetal.

Al lado de la góndola, se encuentran arrumados lo que se recoge de hojarasca de la zona 3. Se observó que esta zona se encuentra cerca de un río, cumpliendo con algunas de las condiciones que debe tener el lugar. Se habló con Camilo Londoño para saber los cambios que se van a realizar, debido a la implementación de la compostera y explicó las diferentes modificaciones, por ejemplo: se va a construir una plancha de concreto exactamente en el lugar donde se van a hacer los cajones para el compostaje; se va a construir un tanque donde se van a poner los lixiviados; se construirán las bodegas de almacenamiento de los residuos inorgánicos como lo son el papel, cartón, plástico, metales y vidrio.

6.2 TOMA DE DATOS

Al finalizar con el reconocimiento de las diferentes zonas sobre las que se trabajaría para la realización del proyecto, se inició con la recolección de datos de las diferentes zonas. Tanto para la zona 1 como para la zona 2 fue necesario utilizar una balanza de marca Yali.

Para la zona 3, se utilizó una balanza eléctrica de marca Lexus, la cual se empleaba para pesar las bolsas que se generan de los residuos de comida en la cocina de animales; en esta zona únicamente se podía hacer la toma de datos los días lunes y miércoles, debido que el día viernes hay mucha congestión y no nos podían recibir.

Se conversó con Jaqueline para ver la posibilidad de que los encargados de cocina pesaran las bolsas y guardaran los datos para cuando nosotros fuéramos, y se acordó que era mejor que nosotros mismos realizáramos este pesaje debido a la cantidad de tareas que ya tenían los trabajadores de esa zona. Para los datos de las heces no fue necesario hacer la toma de datos, debido a que ya existen dos proyectos en los cuales hicieron una toma exhaustiva y confiable de este material orgánico.

Como sólo es posible usar las heces de animales herbívoros, fue necesario separar los datos de los animales herbívoros de los carnívoros y omnívoros para luego definir las cantidades de heces que se generan de los animales herbívoros.

Después de haber realizado la toma de datos, se siguió a definir las proporciones de cada material orgánico con el fin de saber con qué calidad saldrá el compost del Zoológico; para lo anterior fue necesario consultar la NTC 5167 del 2004, la cual define la calidad del compost de acuerdo a las proporciones y saber con esto qué uso se le puede dar a éste y sí realmente se puede utilizar como abono para las plantas del Zoológico.

6.2.1 Descripción de los elementos empleados para la recolección de datos:

A continuación se presentaran unas fotografías donde se muestran los distintos elementos que fueron necesarios y facilitaron la recolección de datos, sitios donde se dejan los costales según sea zona 1 o zona 2, y los lugares donde se depositan los diferentes materiales.

En la Imagen 1 se muestra el tipo de costal que el Zoológico utiliza (con medidas de 110*95 cm) para depositar la hojarasca y las podas que se vayan generando en la zona de parque o de administración del Zoológico de Cali.

También se observa, que su capacidad no está en su máxima ocupación, sino alrededor de la mitad de ésta.

Imagen 1 Costal empleado para recoger hojarasca en zona administración y zona parque



De acuerdo a lo que se puede apreciar de la Imagen 2 la capacidad del costal está en su punto máximo, su peso varía según sea el tipo de hojarasca que se esté recogiendo, ya que en el momento de tomar las muestras, se encontró un tipo de hoja seca que casi no pesaba y hacía que el peso del costal fuese mucho menor que con otro tipo de hojarasca.

Imagen 2 Costal en su máxima capacidad



Los costales que resultan de la zona de parque, son ubicados con ayuda de Armando Aponte en sitios específicos (dependiendo de dónde recoja la hojarasca), es decir, en lugares donde el camión pase, pueda recogerlos y así llevarlos hasta su destino final que es en la zona de compostera. Por otro lado, los costales que salen de la zona administrativa son llevados por el mismo Javier Aguirre al sitio donde él tiene la compostera artesanal (esta compostera está ubicada en un enrejado situado en la zona administrativa, detrás del acuario del Zoológico; en esta compostera artesanal se encuentran varios montones, donde Javier se encarga de hacer los volteos pertinentes en el momento indicado. Este compost lo utiliza para abonar las plantas de dicha zona, y en ocasiones para las que se encuentran en la zona de parque).

En la Imagen 3 se muestra la balanza electrónica de marca Lexus, que se usó en cocina para saber el peso de los residuos orgánicos que salen de este lugar, estas bolsas hacen referencia a lo que es generado en las diferentes estaciones de la cocina cuando se preparan los alimentos de los animales. El uso de bolsas plásticas es necesario para contener los líquidos de las frutas y vegetales.

Imagen 3 Balanza Cocina



El personal que hace la recolección de los residuos de cocina y de las heces, se encargan de llevar estos materiales con ayuda de una carretilla y arrojarlos en la góndola.

En la Imagen 4 se muestra la manera de cómo se pesan los costales que salen tanto de la zona administrativa, como de la zona de parque; la pesa que ayudó a esta toma de datos es una balanza colgante marca YALI.

Imagen 4 Modo de pesar costales



Fuente: los autores

La Imagen 5 es una evidencia de cómo es más o menos la compostera artesanal, que está ubicada en la zona administrativa del Zoológico y que está al pendiente de Javier Aguirre que es el encargado de hacer la recolección de los residuos de esta zona como se mencionó anteriormente.

Imagen 5 Arrumes compostera artesanal





Fuente: los autores

La Imagen 6 muestra la góndola que se encuentra ubicada en la zona de compostera, aquí es donde se depositan los residuos orgánicos que salen de cocina, la hojarasca y las heces que se recoge de la zona del parque.

Imagen 6 Góndola Zona Compostera



Fuente: los autores

La Imagen 7 es una evidencia de los diferentes materiales que resultan de la zona de cocina de animales. Estos se estuvieron pesando los días lunes y miércoles durante cinco (5) semanas consecutivas, como se mencionó anteriormente. El lugar donde se depositan los materiales, es en la góndola que está situada en la zona de compostera.

Imagen 7 Desperdicios dentro de la góndola



Fuente: los autores

6.2.2 Análisis de proyectos. Se va a utilizar un proyecto de grado realizado en el Zoológico de Cali que contienen información que complementa nuestro estudio, El proyecto es el siguiente:

CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE RESIDUOS EN EL ZOOLOGICO DE CALI Y GENERACIÓN DE PROCESOS DE CAMBIO EN TORNO AL PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS PGIRS, realizado por Hebert Alexander Chacón Leite y Sofía Sthefany Tulcán Melo en el año 2012. Este proyecto tiene como objetivo elaborar un estudio del manejo de residuos en la zona de exhibiciones en el Zoológico de Cali que ayude a implementar mejoramientos graduales en los procesos involucrados en la gestión de residuos y entre sus objetivos específicos están:

- Elaborar una guía que permita guiar la implementación de un PGIRS en las zonas de exhibiciones del Zoológico de Cali.
- Contribuir en la realización de cambios graduales en el proceso de gestión de residuos en la zona de exhibición del Zoológico de acuerdo a la regulación expedida por el gobierno de Colombia.
- Presentar los resultados obtenidos ante las directivas pertinentes del Zoológico de Cali.

En el proyecto los estudiantes para la toma de estos datos, hicieron un estudio por zonas al interior del Zoológico de Cali e hicieron una clasificación acorde a los

objetivos de cada proyecto. Como toda la información que estos tenían no era útil para nosotros, se tuvo que hacer un análisis y clasificación con el fin de extraer solo la información necesaria para validar y completar el proyecto realizado por nosotros.

Los estudiantes hicieron un muestreo de 3 veces por semana durante 4 semanas, lo cual se asemeja a la metodología implementada por nosotros en nuestro proyecto, facilitando la comparación entre ambos proyectos.

7. DESARROLLO

7.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN LAS DIFERENTES ZONAS DEL ZOOLOGICO DE CALI

Javier Aguirre es el jardinero de la zona administrativa; en este lugar se encuentran la oficina del CREA, el parqueadero y cafetería para el público. Él se encarga de recoger la hojarasca que son importantes tenerlos en cuenta para el proyecto. En un principio, los desechos que salían de las cafeterías se tuvieron en cuenta en el momento del sacar el peso de los costales que se generan en la zona, esto fue posible por dos semanas; después estos residuos no se pudieron medir, debido a unas políticas que se establecieron en esta zona.

Armando Aponte es el jardinero de la zona 2, él se encarga de la recolección de los desechos de dicha zona que corresponden a hojarasca y basureros.

Ambos trabajadores juntan los residuos orgánicos en costales que luego son pesados por nosotros con ayuda de una balanza marca YALI. La toma de datos se realizaban los días lunes, miércoles y viernes entre la 1:30 p.m. y las 2:30 p.m. (zonas 1 y 2), puesto que fue el horario en el que Javier Aguirre y Armando Aponte ya han terminado con la recolecta de la hojarasca en la zona respectiva. De igual manera, los días martes y jueves que no íbamos al Zoológico, Javier se encargaba de dejar en la zona de compostera artesanal lo que recogía de esos días para nosotros poder recogerlo y pesarlo al día ya que, él se encarga de manejar los residuos en su zona.

En la zona 3, que es restringida al público (sólo para trabajadores), se contó con la colaboración de Jaqueline Tolosa; los colaboradores de cocina depositan sus desechos de comida en bolsas plásticas de ahí y se pesan en una balanza electrónica.

7.1.1 Zona Administración (zona 1). La persona encargada de la recolección de esta zona es el señor Javier Aguirre, en el momento en que se inició con la toma de datos de esta parte, se observó que se generaban dos tipos de materiales que sirven para la compostera que son los residuos de comida que son producto de las cafeterías por la elaboración de alimentos para la venta al público, la hojarasca y poda que se recoge; aunque estos dos últimos residuos son de igual naturaleza, el tiempo de descomposición es diferente, ya que la hojarasca tiene un proceso de descomposición mucho más lento que el de las podas.

Javier en el momento de hacer la recolección de dichos residuos, no hace una separación de los dos tipos de material (residuos de alimentos y hojarasca/poda). Es pertinente que se realice una separación de estos materiales, para así definir las proporciones de cada uno y que la compostera pueda dar los resultados esperados por el Zoológico de Cali; sin embargo, como se mencionó anteriormente, solo se hizo el pesaje por dos semanas de estos tres materiales juntos y a partir de la semana tres en adelante, sólo se hizo la toma de pesos de la hojarasca que resulta de dicha zona y las podas. Al realizar este cambio, se facilitó la tarea de poder pesar lo recogido en cuanto a hojarasca y podas, pero se ve afectado la toma de datos puesto que es un material que sirve para la compostera y ya no se va a tener en consideración para obtener las proporciones de los residuos de comida. Cuando Javier termina con la recolección de la materia orgánica, él mismo se encarga de llevarla hasta la compostera artesanal que hay en esta zona; él aquí deposita los residuos haciendo pequeños montones del material, cuando no está muy atareado hace los volteos necesarios y de esto va sacado tierra abonada que utiliza en ocasiones para abonar las zonas bajo su cuidado.

Imagen 8 Modo de pesar costales



Fuente: los autores

Imagen 9. Pilas de residuos guardados en la compostera artesanal



Fuente: los autores

Imagen 10. Pesaje de los residuos guardados en la compostera artesanal



Fuente: los autores

7.1.2 Zona Parque. En esta zona el encargado de hacer la recogida de material es el señor Armando Aponte; a diferencia de la zona administrativa, en este sitio solo se genera un tipo de material que es la hojarasca y la poda, aquí no se ve ningún tipo de inconveniente por la separación desde la fuente. Armando se encarga de poner los costales en lugares por donde pasa el camión para recogerlos y de ahí llevarlos hasta un lote que pertenece a la fundación donde se depositan estos materiales.

Teniendo en cuenta que, como en esta zona se encuentran los exhibidores de las diferentes especies también, se genera otro tipo de material (desecho de comida), pero no presenta problema en la separación de materia orgánica, ya que el mismo trabajador que va a dejar el alimento a una determinada exhibición es el que se encarga de recoger las heces y los desechos de comida, depositándolos en una bolsa y de allí llevarlo a la zona donde se va a construir la compostera. Ellos lo depositan a una góndola que se encuentra dentro de la zona 3, mientras inician la construcción de la misma y ubican los lugares donde se va a depositar cada tipo de material.

7.1.3 Zona Cocina de Animales. La persona encargada de esta zona es la Señora Jaqueline Tolosa, aquí únicamente se genera residuo de comida de cocina, dado que es en este lugar donde se hace la preparación de las dietas de las diferentes especies que se exhiben en el Zoológico de Cali. En el instante en que se termina de realizar la preparación de dichos alimentos, los residuos son guardados en bolsas plásticas, seguidamente son trasladados con ayuda de una carretilla hasta la zona donde se va a realizar la compostera y por último situados en la góndola que está ubicada allí, donde también se encuentran las bolsas donde depositaron las heces de las diferentes exhibiciones.

Con los desperdicios que se generan en cocina, es complicado que los depositen en un sitio para que los guarden, porque son desechos que debido a su composición (vegetales, cascaras de frutas) se descomponen rápidamente por lo que deben ser llevados a la góndola (que se encuentra en la zona de compostera) y al ser un lugar abierto, estos están expuestos a los buitres y es muy complicado sacar las bolsas y realizar las mediciones pertinentes.

Respecto a la toma de datos de las heces, no fue posible realizar estas mediciones sin embargo, hay un estudio previo realizado por estudiantes de la universidad Icesi, donde se hizo una toma de datos exhaustiva de los residuos al interior de las exhibiciones y con estos datos se va a trabajar para complementar la información de la toma de datos, de esta manera obtener las proporciones que se necesitan de cada material de acuerdo a las cantidades que se generan en el Zoológico de Cali.

7.1.4 Datos otros proyectos En la realización de nuestro proyecto, fue necesario revisar las tablas y datos tomados por nuestros compañeros en el proyecto Caracterización y cuantificación de residuos en el zoológico de Cali y generación de procesos de cambio en torno al plan de gestión integral de residuos sólidos PGIRS 2012, con el fin de obtener información complementaria para nuestro proyecto. Dentro de éste, los autores realizaron una toma de datos exhaustiva de los residuos que se generan en cada una de las exhibiciones como lo son las heces de los animales y los residuos de comida.

7.1.4.1 Caracterización y cuantificación de residuos en el zoológico de Cali y generación de procesos de cambio en torno al plan de gestión integral de residuos sólidos PGIRS 2012. En este proyecto se hizo un estudio detallado de las cantidades de residuos provenientes de las exhibiciones tomando datos de lo siguiente: frutas, hojas, cárnicos, heces, huesos, concentrado. Las exhibiciones se dividieron en 8 secciones para facilitar la toma de datos.

Los datos tomados corresponden a los residuos encontrados al interior de estas al momento de hacer la respectiva limpieza de este espacio, para efectos de nuestro trabajo, solo se tuvo en cuenta las mediciones de frutas, hojas y excretas de animales únicamente con dietas herbívoras, debido a que si se llega a usar las heces de animales carnívoros u omnívoros pueden contener parásitos y estos contaminarían el compost.

Ilustración 2. Residuo Diarios Generados en las exhibiciones de la sección 1

Seccion 1	Encargado	Residuos generados en las exhibiciones					
		Frutas	Hojas	Carnicos	Huesos	Excretas	Concentrado
Aviario	Luis Alfonso Martinez	1,5	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Guacamayos		1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Rey de gallinazos		0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Águilas		0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
Cóndores		0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0
Flamenco		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4
Aviarios extemos		0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Biodiversidad		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2
Danta de Paramo		1,7	0,0	0,0	0,0	5,7	0,0
TOTAL EN KG		6,0	0,7	0,4	0,9	5,7	3,6

Fuente: Caracterización y cuantificación de residuos en el zoológico de Cali y generación de procesos de cambio en torno al plan de gestión integral de residuos sólidos PGIRS 2012

Ilustración 3. Residuo Diarios Generados en las exhibiciones de la sección 2

Seccion 2	Encargado	Residuos generados en las exhibiciones					
		Frutas	Hojas	Carnicos	Huesos	Excretas	Concentrado
Apella	Luis Julián Morales	0,4	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
Mono araña		1,5	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
Churuco		0,1	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0
Titi ardilla		0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Capuchinos		0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Albifrons		0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Emú		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2
Aulladores		0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pelicanos		0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
TOTAL EN KG			2,6	0,0	0,2	0,0	0,6

Fuente: Caracterización y cuantificación de residuos en el zoológico de Cali y generación de procesos de cambio en torno al plan de gestión integral de residuos sólidos PGIRS 2012

Ilustración 4. Residuo Diarios Generados en las exhibiciones de la sección 3

Seccion 3	Encargado	Residuos generados en las exhibiciones					
		Frutas	Hojas	Carnicos	Huesos	Excretas	Concentrado
Pitón	Celio Velasco	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Antilopes		0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
Tortugario		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Lobo pollero		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Anaconda		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Serpentario		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cocodrilos		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Babillas		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL EN KG		0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0

Fuente: Caracterización y cuantificación de residuos en el zoológico de Cali y generación de procesos de cambio en torno al plan de gestión integral de residuos sólidos PGIRS 2012

Ilustración 5. Residuo Diarios Generados en las exhibiciones de la sección 4

Seccion 4	Encargado	Residuos generados en las exhibiciones					
		Frutas	Hojas	Carnicos	Huesos	Excretas	Concentrado
Nutrias gigantes	Yeison Quintero	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Zorros		0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0
Dantas terrestres		0,9	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0
Cusumbos		0,4	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
Garzón soldado		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL EN KG		1,3	0,0	0,1	0,0	1,4	0,0

Fuente: Caracterización y cuantificación de residuos en el zoológico de Cali y generación de procesos de cambio en torno al plan de gestión integral de residuos sólidos PGIRS 2012

Ilustración 6. Residuo Diarios Generados en las exhibiciones de la sección 5

Seccion 5	Encargado	Residuos generados en las exhibiciones					
		Frutas	Hojas	Carnicos	Huesos	Excretas	Concentrado
Llamas	Andrés Carabali	0,0	0,0	0,0	0,0	22,3	1,5
Oso homiguero		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
Titi bebeleche		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Titi gris		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Titi pielroja		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Titi león		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Venado manzama		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
Lemures		0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Canguros		0,3	0,2	0,0	0,0	0,2	0,0
TOTAL EN KG		0,6	0,2	0,0	0,0	22,5	2,3

Fuente: Caracterización y cuantificación de residuos en el zoológico de Cali y generación de procesos de cambio en torno al plan de gestión integral de residuos sólidos PGIRS 2012

Ilustración 7. Residuo Diarios Generados en las exhibiciones de la sección 6

Seccion 6	Encargado	Residuos generados en las exhibiciones					
		Frutas	Hojas	Carnicos	Huesos	Excretas	Concentrado
Leones	Juan Carlos Godoy	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	0,0
Papiones		0,4	0,2	0,0	0,0	1,1	0,0
Oso Anteojos		0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pumas		0,0	0,0	0,0	2,6	0,5	0,0
Pantera		0,0	1,0	0,0	0,0	0,2	0,0
Tigre		0,0	0,0	0,0	1,3	1,5	0,0
TOTAL EN KG		1,0	1,2	0,0	3,9	5,6	0,0

Fuente: Caracterización y cuantificación de residuos en el zoológico de Cali y generación de procesos de cambio en torno al plan de gestión integral de residuos sólidos PGIRS 2012

Ilustración 8. Residuo Diarios Generados en las exhibiciones de la sección 7

Seccion 7	Encargado	Residuos generados en las exhibiciones					
		Frutas	Hojas	Carnicos	Huesos	Excretas	Concentrado
Venados cola blanca	José Herly Ramirez	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oso americano		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Jaguar		0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
Tatabros		0,0	0,0	0,0	0,0	7,1	0,0
Chiguiros		7,0	0,0	0,0	0,0	23,3	0,0
TOTAL EN KG		7,0	0,0	0,0	0,0	30,6	0,0

Fuente: Caracterización y cuantificación de residuos en el zoológico de Cali y generación de procesos de cambio en torno al plan de gestión integral de residuos sólidos PGIRS 2012

Ilustración 9. Residuo Diarios Generados en las exhibiciones de la sección 8

Seccion 8	Encargado	Residuos generados en las exhibiciones					
		Frutas	Hojas	Carnicos	Huesos	Excretas	Concentrado
Nutria común	Jose Calzada	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Oso pardo		0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0
Cebras		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Suricatas		0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
Avestruz		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Búhos		0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
Pacaranas		0,8	0,9	0,0	0,0	0,6	0,0
TOTAL EN KG		1,3	0,9	0,5	0,0	1,2	0,0

Fuente: Caracterización y cuantificación de residuos en el zoológico de Cali y generación de procesos de cambio en torno al plan de gestión integral de residuos sólidos PGIRS 2012

La siguiente tabla muestra los resultados finales obtenidos en dicho proyecto donde se mide el porcentaje que tiene cada uno en los materiales. Como se mencionó anteriormente, se tuvo que revisar tabla por tabla para clasificar que tipo de material orgánico es útil para nosotros además, revisar el tipo de excreta que se presenta y clasificar estas entre excretas de animales herbívoros de los otros.

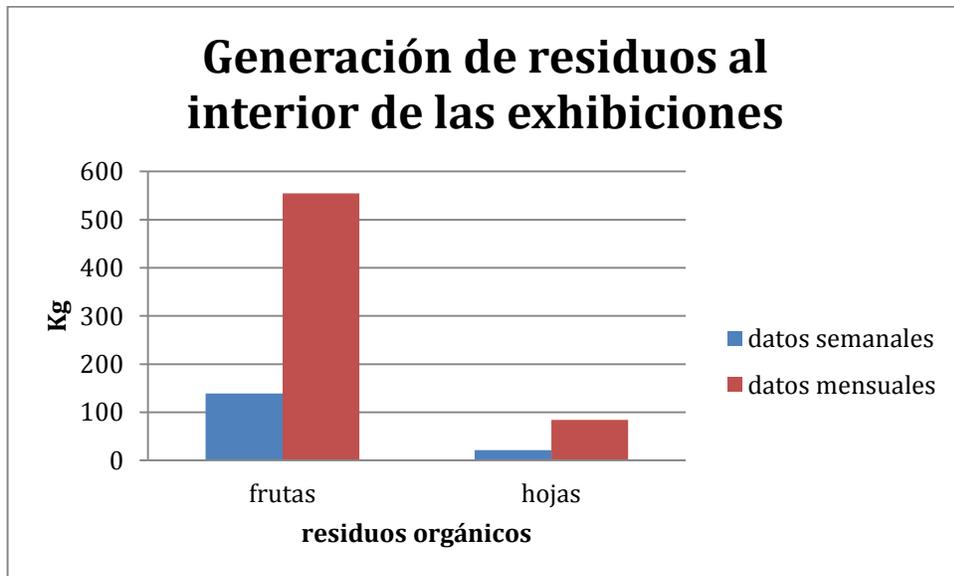
Ilustración 10. Residuo Totales Generados en las exhibiciones

Residuos totales generados en las exhibiciones							
	Frutas	Hojas	Carnicos	Huesos	Excretas	Concentrado	Total
KG / día	19,77	3	1,1	4,8	67,6	8,1	104,37
KG/ semana	138,39	21	7,7	33,6	473,2	56,7	730,59
KG / mes	593,1	90	33	144	2028	243	3131,1
Porcentaje (%)	19%	3%	1%	5%	65%	8%	100%

Fuente: Caracterización y cuantificación de residuos en el zoológico de Cali y generación de procesos de cambio en torno al plan de gestión integral de residuos sólidos PGIRS 2012

Se encontró que en las exhibiciones se generan alrededor de 138kg de residuos orgánicos a la semana y que mensualmente se generaban 554.4kg.

Gráfica 1. Generación de los Residuos al Interior de las Exhibiciones



(Caracterización y cuantificación de residuos en el zoológico de Cali y generación de procesos de cambio en torno al plan de gestión integral de residuos sólidos PGIRS 2012)

Tabla 2. Generación de los Residuos al interior de las Exhibiciones

	residuo orgánico	
	frutas	hojas
datos semanales	138,6	21
datos mensuales	554,4	84

Otro dato a tener en cuenta sobre la información que tienen estos estudiantes, es la cantidad de excretas generadas pero solo de animales herbívoros ya que es este material el que se puede usar en la compostera.

Se encontró que en las exhibiciones se generan alrededor de 436,8kg de excretas a la semana y que mensualmente se generaban 1730,4kg.

Tabla 3. Generación de Excretas al interior de las exhibiciones

	excretas
datos semanales	432,6
datos mensuales	1730,4

7.2 DATOS OBTENIDOS POR AUTORES.

7.2.1 Datos pesados en las diferentes zonas del zoológico de Cali. A continuación se presenta la tabla 1 con datos de hojarasca, residuos de alimentos; dado que las podas son esporádicas y no se sabe en qué momento las van a realizar para hacer la toma de datos) y para las heces, al tener el inconveniente que se mencionó anteriormente, se usaran los datos del proyecto antes mencionado, puesto que se asegura que dichos datos son confiables y se pueden utilizar para el desarrollo de nuestro proyecto y de esta forma cumplirlo a cabalidad.

Tabla 4 Toma de Datos de las Zonas del Zoológico de Cali

	ZONA ADMINISTRATIVA	ZONA DE PARQUE	ZONA DE COCINA DE EXHIBICIONES
	Hojarasca/Podas	Hojarasca/Podas	Desperdicio de Cocina
feb-11		22	
feb-13	16	8	50,5
feb-14	10		
feb-15	10		
feb-18	14	19,5	45,5
feb-19	24		
feb-20	18	53	57
feb-21	17		
feb-22	24	74	

feb-25	14	52	55
feb-26	17		
feb-27	12	45	41,5
feb-28	20		
mar-01	41	162	
mar-04	16	69	47
mar-05	12		
mar-06	24	48	53
mar-07	17		
mar-08	65	52	
mar-11	14	43	52
mar-13	20	20	54
mar-14	17		
mar-15	26	40	

Fuente: Autores

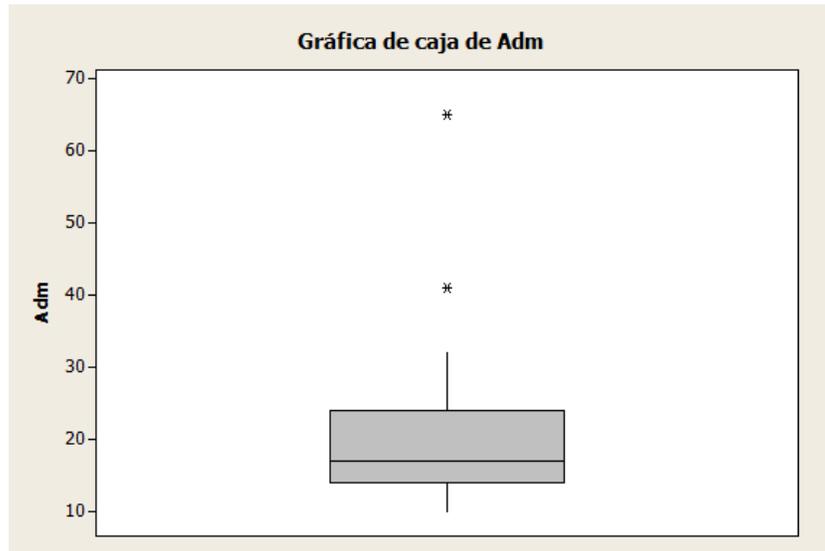
7.2.1.1 Corrección de Atípicos. Antes de graficar el comportamiento de los datos recolectados en el Zoológico, representados en la tabla 1, es necesario identificar si existen atípicos dentro de éstos; por lo tanto se recurrió a la herramienta de minitab, la cual brinda la posibilidad de comprobar esto graficando un diagrama de bigotes por cada zona. Los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

Diagrama de Bigotes Zona Administración:

De acuerdo a lo que se observa en la Gráfica 1, hay dos atípicos dentro de los datos que se recolectaron; el primero es el dato número 13 (del 1 de marzo con un peso de 41 kg) y el segundo es el dato número 18 (del 8 de marzo), esto se debió a que en esos días se realizó poda en la zona por lo que se presentó un cantidad mayor de material.

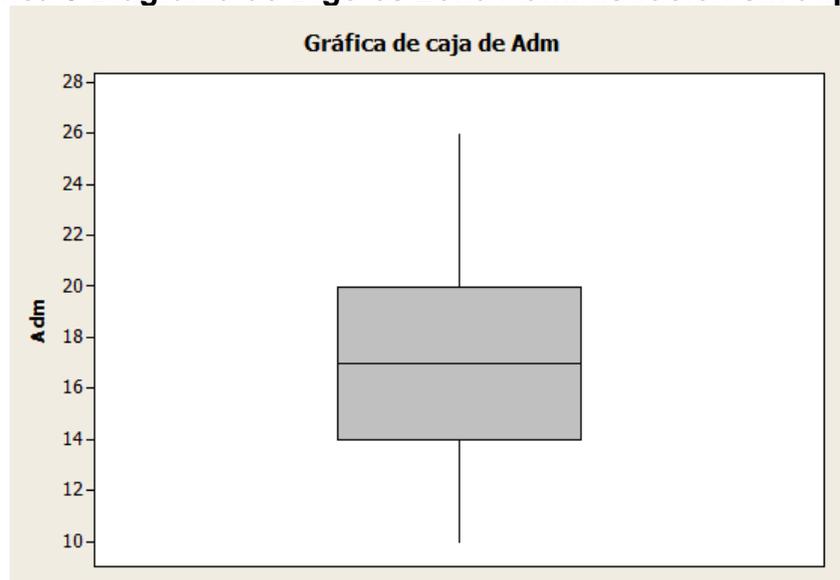
Por tal razón fue necesario suavizar estos dos datos, realizando un promedio del dato que lo antecede y lo precede y se obtuvo el primero de 18 kg y el segundo de 15,5 kg

Gráfica 2 Diagrama de Bigotes Zona Administración con atípicos



Seguidamente se realizó otra caja de bigotes para verificar que con la suavización que se hizo no se presentaron más atípicos. En la Gráfica 2 se observa que después de haber hecho la suavización no se evidencian más atípicos, por lo cual se puede continuar a graficar el comportamiento de los datos de esta zona, gráfica que se analizará más adelante.

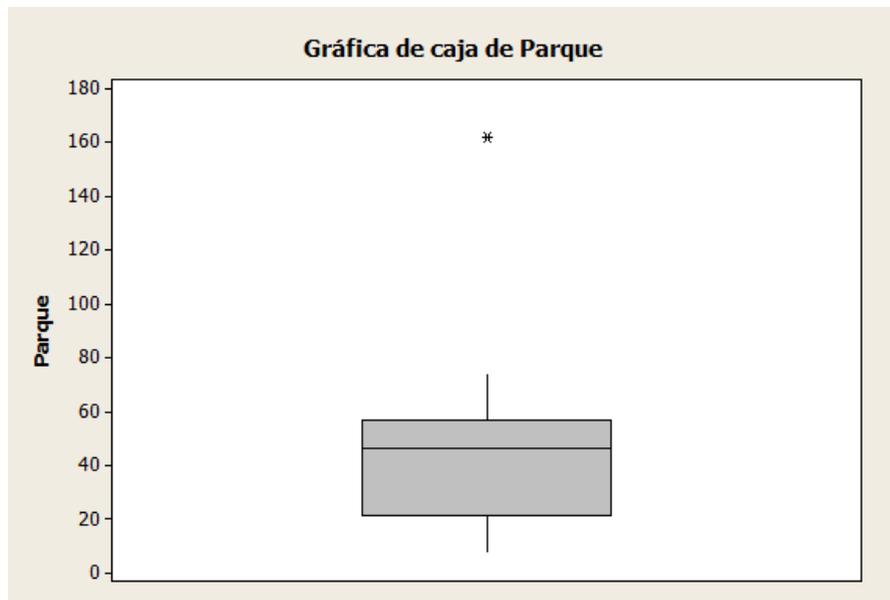
Gráfica 3 Diagrama de Bigotes Zona Administración sin atípicos



- **Diagrama de Bigotes Zona Parque:**

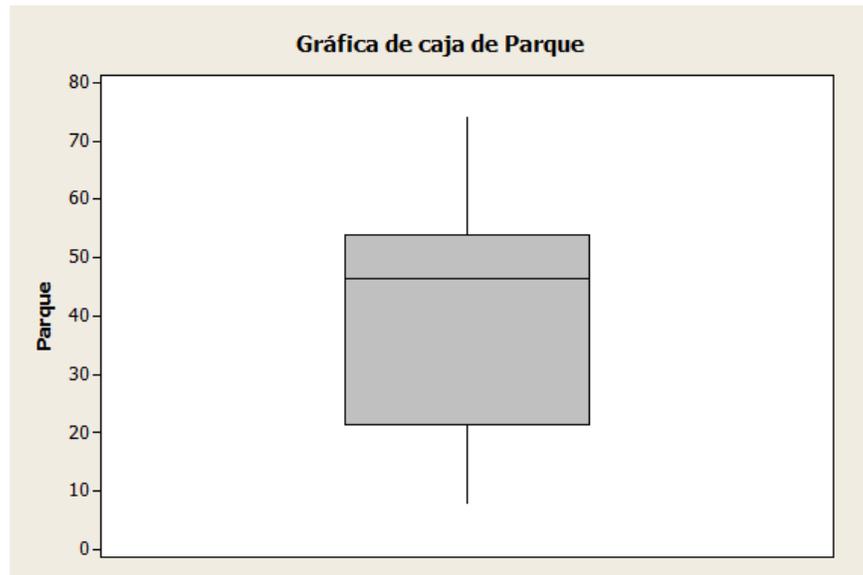
Lo que se puede observar en la Gráfica 3, es que de los datos que se tomaron muestran que uno de ellos es un dato atípico, y la razón de ellos es dado a que en ese día se realizó poda en esta zona por lo que generaron seis costales, cuando normalmente de la zona 2, se generan entre dos y cuatro costales aproximadamente. El dato atípico pertenece al muestreo número 8 (del 1 de marzo con un peso de 162 kg), para suavizarlo se recurrió promediar los datos que lo antecedía y lo procedía (45 kg y 69 kg respectivamente); lo que se obtuvo después de esto fue un peso de 57 kg, peso que se aproxima mucho más a los datos recolectados en otros días.

Gráfica 4 Diagrama de Bigotes Zona Parque con atípico



Después de esto se realizó otro diagrama para corroborar que no hubiera otro atípico entre los datos (Gráfica 4).

Gráfica 5 Diagrama de Bigotes Zona Parque sin atípico

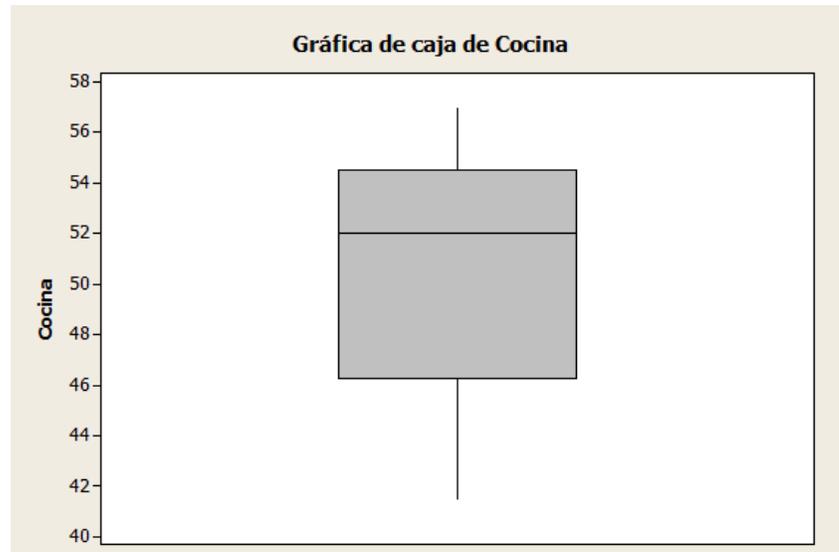


- **Diagrama de Bigotes Zona Cocina**

Según lo que se puede ver en la Gráfica 5 los datos que se recolectaron de la zona 3 siempre fueron constantes, dado que aquí la cantidad de alimentos preparado para las diferentes especies es siempre el mismo por lo que la generación de residuos es en promedio la misma. Al no tener datos atípicos, se puede continuar a la gráfica donde se evidencia que el comportamiento de los datos de esta zona es constante.

De igual manera, la corrección de los datos atípicos que se realizó con ayuda de la gráfica de caja de bigote simplemente se hizo para saber el comportamiento que tienen los datos de cada zona; sin embargo en el momento de la implementación de la compostera es importante que los datos atípicos se tengan en cuenta, debido que en el instante en que haya poda en el Zoológico estos residuos se van a tener y va a ser necesario depositarlos en las urnas para que hagan parte del compost que va a resultar después de cierto tiempo.

Gráfica 6 Diagrama de Bigotes Zona Cocina sin atípicos



Fuente: autores

Tabla 5. Toma de Datos de las Zonas del Zoológico de Cali sin atípicos

ZONA ADMINISTRATIVA	ZONA DE PARQUE	ZONA DE COCINA DE EXHIBICIONES
Hojarasca/Podas	Hojarasca/Podas	Desperdicio de Cocina
32	22	50,5
10	8	45,5
10	19,5	57
14	53	55
24	74	41,5
18	52	47
17	45	53
24	162	52
14	69	54
17	48	
12	52	
41	43	
18	20	
16	40	
12		
24		

17		
65		
14		
20		
17		
26		

Fuente: los autores

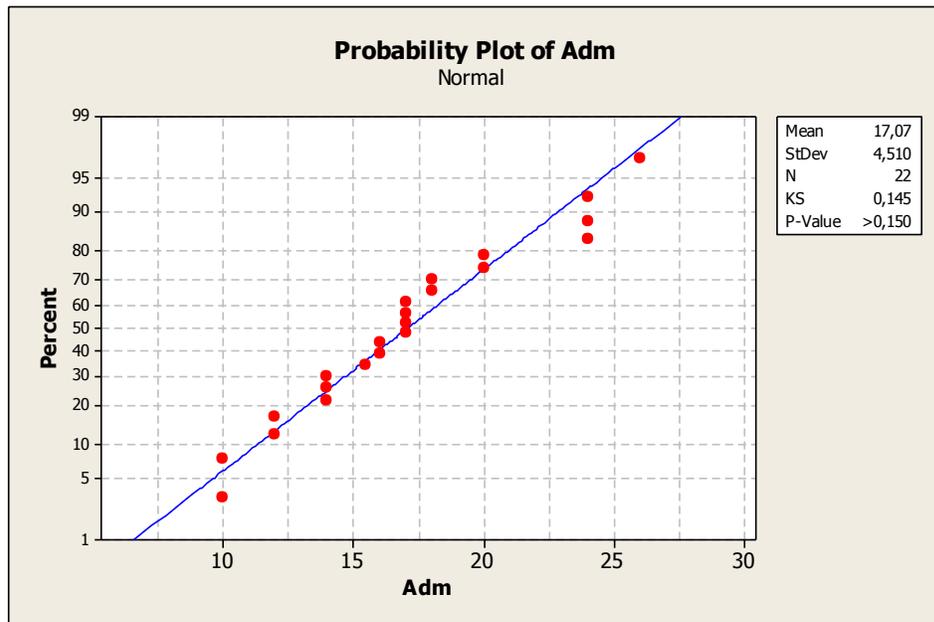
7.2.1.2 Test de normalidad. Antes de realizar cualquier análisis estadístico se deben tener presentes las condiciones de aplicación del mismo. En casi todos los análisis estadísticos, la asunción de normalidad es un común denominador. La prueba de normalidad se utilizan para determinar si un conjunto de datos está bien modelada por una distribución normal o no, o para calcular la probabilidad de una variable aleatoria de fondo se distribuye normalmente. Más precisamente, son una forma de selección de modelos, y se puede interpretar de varias maneras, dependiendo de la interpretación de la probabilidad.

7.2.1.3 Valor-p. El P valor o nivel de significación empírico del contraste es el dato obtenido a partir del valor del estadístico del contraste, en las observaciones que corresponden a la realización de la muestra de tamaño n extraída de la población X , que nos informa sobre cuál sería el nivel de significancia α más pequeño que nos hubiera permitido rechazar la hipótesis nula. Es una medida directa de lo verosímil que resulta obtener una muestra como la actual si es cierta H_0 . El *p-valor* se emplea para indicar cuánto (o cuán poco) contradice la muestra actual la hipótesis alternativa.¹¹

Al revisar los resultados de esta gráfica, se puede afirmar que los datos correspondientes a la zona administrativa tienen un comportamiento normal ya que el valor p es mayor a 0.05.

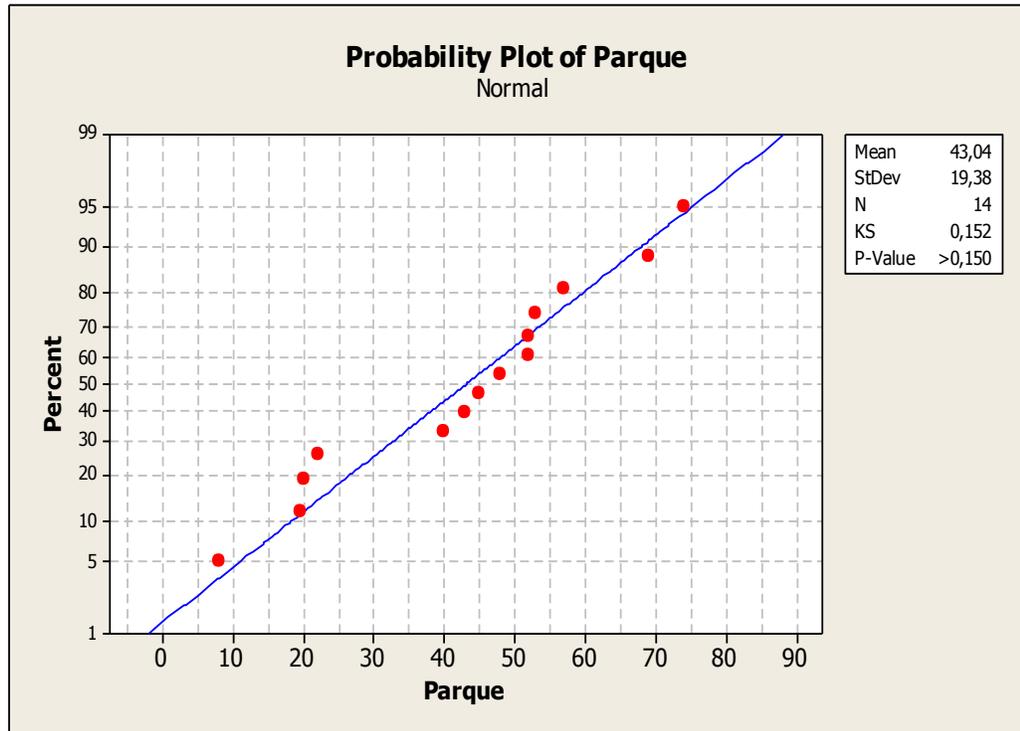
¹¹ www.ub.edu/stat/GrupsInnovacio/Statmedia/demo/Temas/Capitulo9/B0C9m1t18.htm

Gráfica 7. Gráfico de normalidad datos Zona Administrativa



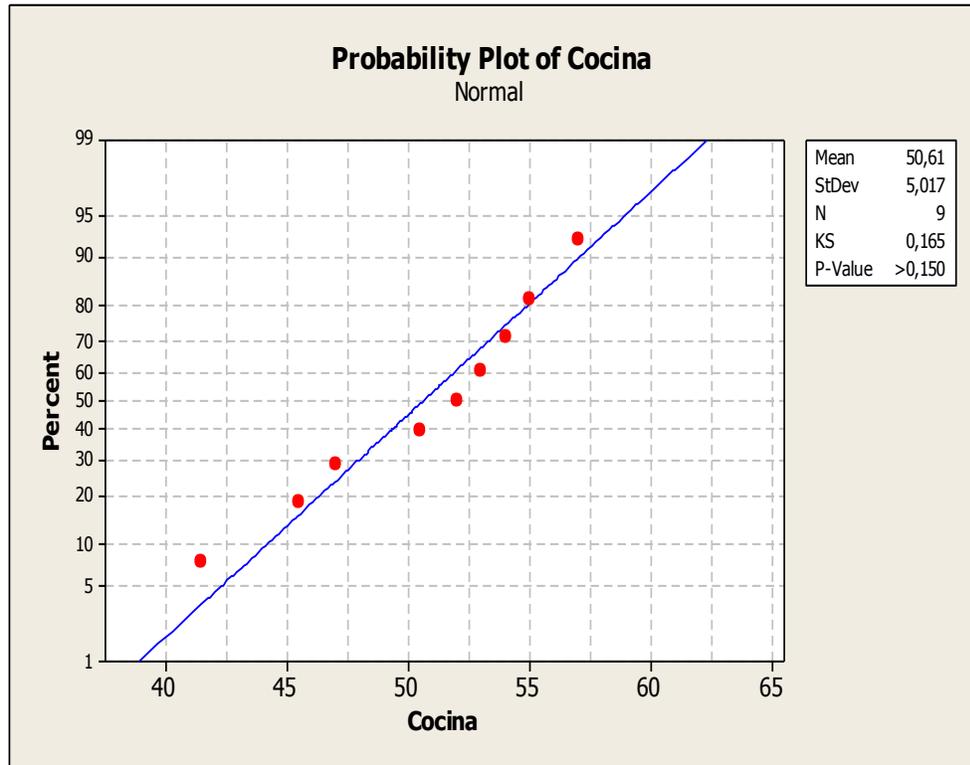
Al revisar los resultados de esta gráfica, se puede afirmar que los datos correspondientes a la zona Parque tienen un comportamiento normal ya que el valor p es mayor a 0.05.

Gráfica 8. Gráfico de Normalidad datos zona Parque



Al revisar los resultados de esta gráfica, se puede afirmar que los datos correspondientes a la zona Cocina animales tienen un comportamiento normal ya que el valor p es mayor a 0.05.

Gráfica 9. Gráfico de normalidad datos zona Cocina animales



7.2.1.4 Comportamiento de los Datos. Después de haber realizado la corrección de los atípicos (con ayuda del diagrama de caja de bigotes) y revisado la normalidad de estos (con el valor p), a continuación se mostraran las gráficas del comportamiento de los datos de cada zona.

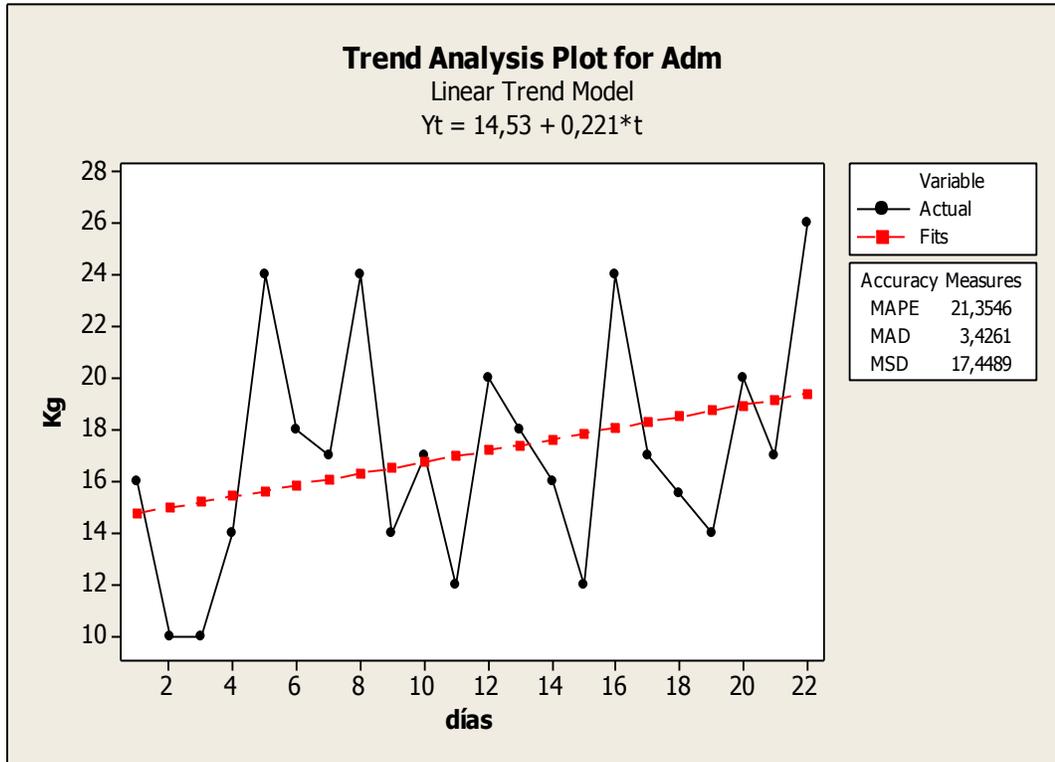
- **Comportamiento datos Zona Administración**

Según se observa en la Gráfica 6 el comportamiento de estos datos es constante, esto se debe a que la generación de la hojarasca en la zona 1 es constante y dado a las podas esporádicas que se realizan en este lugar, se presentarán algunos datos picos en la gráfica, como se presentó esta vez, sin embargo, al contar con la ayuda de la herramienta (minitab) fue fácil localizarlo y corregirlo, ya que al ser un suceso ocasional la suavización se pudo realizar sin inconveniente y lograr una gráfica con un comportamiento estable de lo que se pudo haber mostrado sin haber corregido el atípico.

Aunque el comportamiento que se muestra es constante, la Gráfica 6 expone variaciones, puesto que el tipo de material que se genera en esta zona tan sólo

depende de factores climáticos que hacen que caigan más hojas o no de los árboles y de plantas.

Gráfica 10 Comportamiento datos Zona Administración



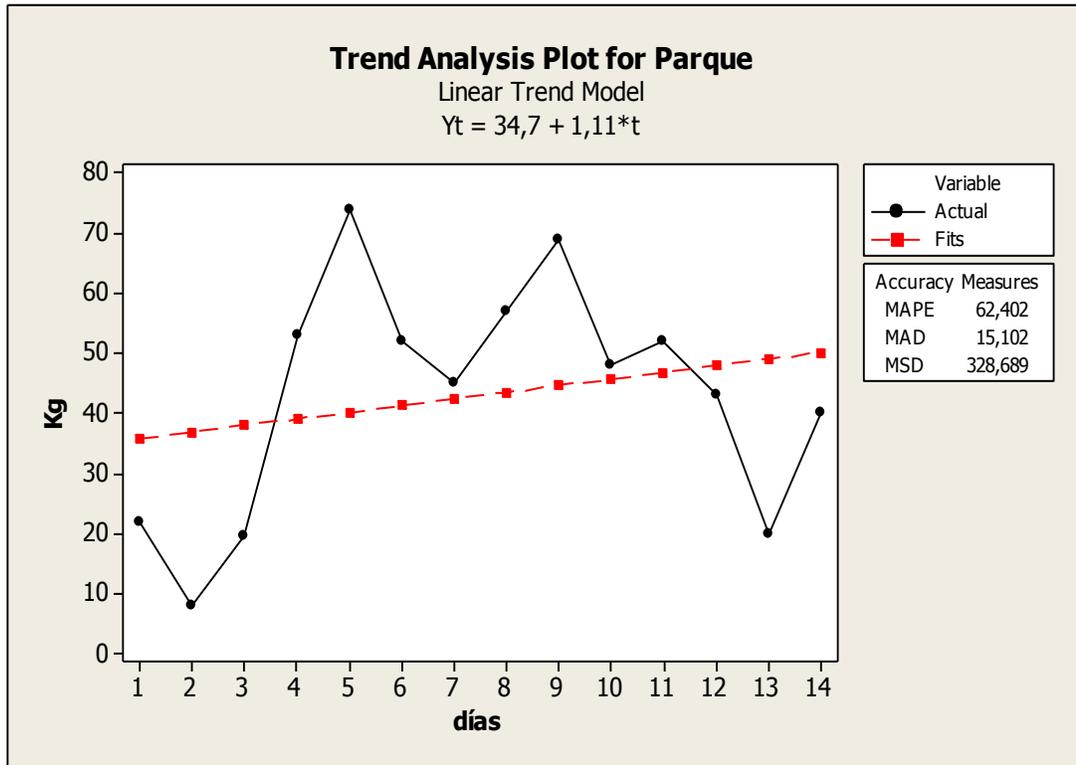
Fuente: Autores

- **Comportamiento datos Zona Parque**

La Gráfica 7 muestra un comportamiento constante de la generación de desechos de la zona 2, aunque los tres primeros datos que se obtuvieron de la recolección de los mismos evidencian que el peso de los costales no fue muy alto, esto se presentó dado que esos tres días nos presentamos en horas de la mañana, tiempo en el cual la persona encargada (Armando Aponte) de hacer la recolección apenas iniciaba con el trabajo y después de hablar con él se definieron los horarios en los que podíamos ir y realizar el peso de los costales, a partir del dato cuatro se logra apreciar algo mucho más constante que antes.

Por más de que se evidencie en la Gráfica 7 un comportamiento constante, hay variaciones notorias entre los datos, y esto se debe (como en la zona 1) a factores ajenos a la persona encargada de recoger la materia orgánica de la zona 2, dado que la generación de la hojarasca se da por factores climáticos que hacen que se caigan menos o más hojas secas de los árboles.

Gráfica 11 Comportamiento datos Zona Parque

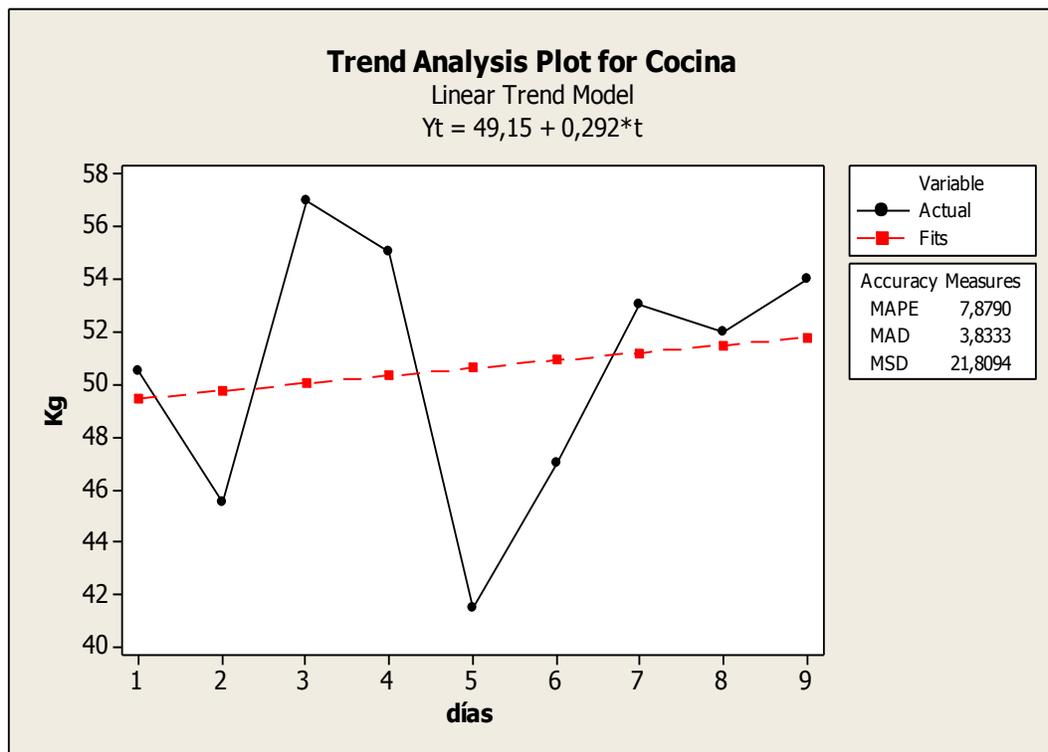


Fuente: Autores

- **Comportamiento datos Zona Cocina**

De acuerdo a la Gráfica 8, el comportamiento de los datos de esta zona son prácticamente constantes, la zona 3 al ser el lugar donde se preparan los alimentos para todos los animales del Zoológico es una actividad que no depende de factores variables, caso que si sucede con las zonas 1 y 2; los animales siempre son el mismo número (a menos de que algunos mueran o que nazcan algunos, suceso que no se muy a menudo) y la cantidad para alimentarlos es la misma. Algo que también puede hacer variar estos datos, es de pronto las condiciones en las que se encuentren los alimentos, ya que en ocasiones hay alimentos que están en mejor estado que otros y esto hace que el residuo sea mayor o menor, según sea el caso.

Gráfica 12 Comportamiento datos Zona Cocina



Fuente: Autores

Al tener las tres gráficas, se observa que la zona que más residuos genera es la Zona Parque (Zona 2), ya que la mayor cantidad de material que se genera en el Zoológico es la hojarasca, debido a que un 60% de las 15 hectáreas de aquí son zonas verdes y la zona en la que abarca más este porcentaje es la zona 2, seguido de la zona 3, dado que es donde se preparan los alimentos de los diferentes animales que habitan en el Zoológico, por último la zona 1, puesto que es la zona que menos zona verde tiene para la generación de grandes proporciones de materia orgánica.

7.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE ACUERDO A LA GENERACIÓN DE MO

El Zoológico de Cali tiene pensado para el proceso de compostaje construir ocho cajas cada una con capacidad de 2 metros cúbicos (m^3); capacidad definida para 60.288 Kilogramos (Kg) al año. De acuerdo con los datos recolectados y los datos que fueron tomados de otros proyectos para el buen desarrollo de éste, en la fundación se generan alrededor de 3.843,3 Kg/mes.

Los datos que se muestran en la Tabla 7, son mensuales, por lo cual se estarían produciendo 46.119,6 Kg/año aproximadamente, dato que no coincide con la información que se suministró en el proyecto que el Zoológico realizó para proyectar los requerimientos para la adecuación de la zona donde se va a implementar la compostera. Tan sólo se van a utilizar cuatro de los ocho cajones, debido que los otros cuatro se van a emplear para los volteos que se deben realizar para garantizar la aireación requerida y mezclar debidamente los diferentes tipos de materiales.

Por otro lado, para calcular la cantidad de compost generada en los cajones disponibles, utilizaremos la ecuación de densidad. La densidad es igual a la masa dividido entre el volumen (ecuación1), para calcular esta cantidad de compost tenemos que la densidad aparente del compost suele ser de 400-700Kg*m³¹², para realizar el cálculo utilizaremos un promedio de los valores esto quiere decir 550 Kg*m³ y El volumen de cada cajón es de 8m³.

Según los cálculos, la compostera generaría alrededor de 17.600Kg de material compostado en el tiempo establecido por el zoológico para hacer compost. Habría disponibilidad para 17.600 Kg, que de acuerdo al total de lo generado en materia prima para la compostera en dos meses (7.686,6 Kg) que es en promedio el tiempo que se tarda el proceso del compostaje, entonces se dispone de una capacidad en cajones suficiente para la cantidad de material entrante.(Tabla 6)

Ecuación1. Densidad compost

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$m = (550\text{Kg}/\text{m}^3) * 8\text{m}^3$$

$$m = 4400\text{Kg} \text{ Cantidad generada por cajón.}$$

$$m \text{ total} = 4400\text{Kg} * 4\text{cajones}$$

$$m \text{ total} = 17600\text{Kg}$$

Tabla 6. Capacidad y utilización de cajones compostera

capacidad 1 cajón	4,400	Kg
capacidad 4 cajones	17,600	Kg
generación por dos meses de residuos orgánicos	7,686.6	Kg
Porcentaje de utilización mensual	22%	

Fuente: los autores

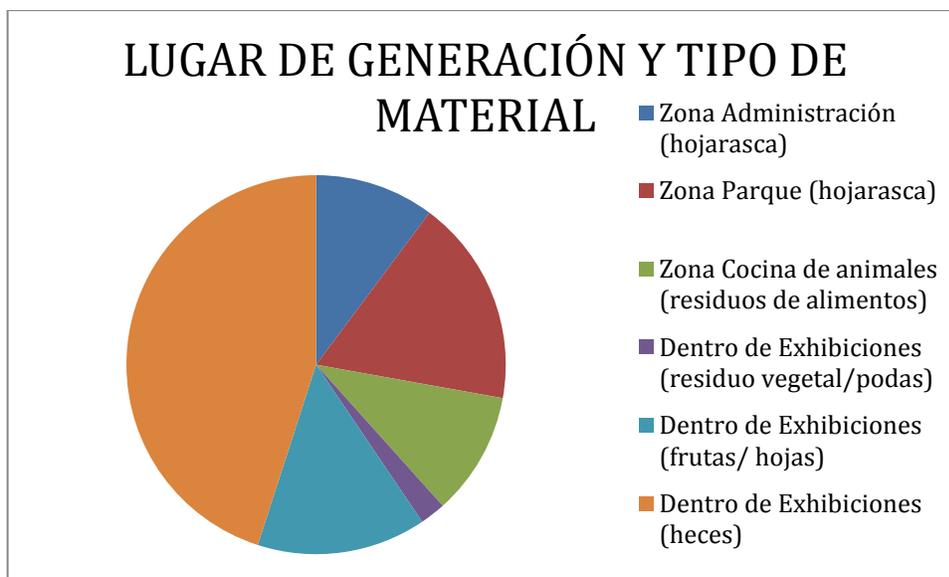
¹² Soto, Isabel. Curso de Compostaje de la UAM, tipos de compost. Universidad autónoma de Madrid. Pg. 114

Tabla 7. Tipo de material, lugar de generación y cantidad generada

LUGAR DE GENERACIÓN Y TIPO DE MATERIAL	Kilogramos
Zona Administración (hojarasca)	392
Zona Parque (hojarasca)	677,5
Zona Cocina de animales (residuos de alimentos)	405
Dentro de Exhibiciones (residuo vegetal/podas)	84
Dentro de Exhibiciones (frutas/ hojas)	554,4
Dentro de Exhibiciones (heces)	1730,4
TOTAL	3843,3

Fuente: Autores

Gráfica 13. Lugar de Generación y Tipo de Material



Fuente: los autores

7.3.1 Naturaleza de la MO según su descomposición. De acuerdo a los materiales que se generan en el Zoológico y que se pueden utilizar para el compostaje, es necesario clasificarlos en los diferentes niveles de descomposición. Estos niveles son los siguientes:

- **Rápida Descomposición:** Las podas que se realizan en la zona administrativa, zona parque y en algunas exhibiciones.
- **Lenta Descomposición:** Restos de frutas y verduras que se generan en las cafeterías abiertas al público, zona de cocina de animales y en las exhibiciones; y heces de los herbívoros.

- **Muy Lenta Descomposición:** Hojarasca que se recoge tanto en la zona administrativa como en la zona de parque; plumas de algunos animales exhibidos; y las cáscaras de huevos que resultan de la zona de cocina de animales.

7.3.2 Categoría de la MO. En El Zoológico de Cali se generan diferentes MO; por esto es necesario hacer una categorización de éstos para definir las posibles combinaciones que se pueden hacer y evaluar cuál es la que mejor compost genera y que cumpla con los requerimientos de la fundación. Esta MO se agrupa en dos categorías:

- **Materiales Húmedos:** Aquellos que son ricos en agua y sustancias como el nitrógeno. Dentro de esta categoría se encuentran los residuos de comida que se generan tanto en las cafeterías que están abiertas al público, en la cocina de animales y en las exhibiciones; las podas que se realizan en la zona administrativa, en la zona parque y en algunas exhibiciones.
- **Materiales Secos:** Materiales compuestos por carbono. Aquí se encuentra la hojarasca que se recoge de la zona administrativa, zona parque y las exhibiciones. Como este material está dentro del grupo de descomposición lenta, es necesario que se añada otro MO como lo son las heces de los animales herbívoros; pero se debe tener cuidado con las cantidades que se vayan a agregar, dado que resultaría un compost rico en nitrógeno y lo que se busca es un compost que tenga más o menos las mismas cantidades de carbono y nitrógeno (C/N) para que haya un balance entre estas dos sustancias.

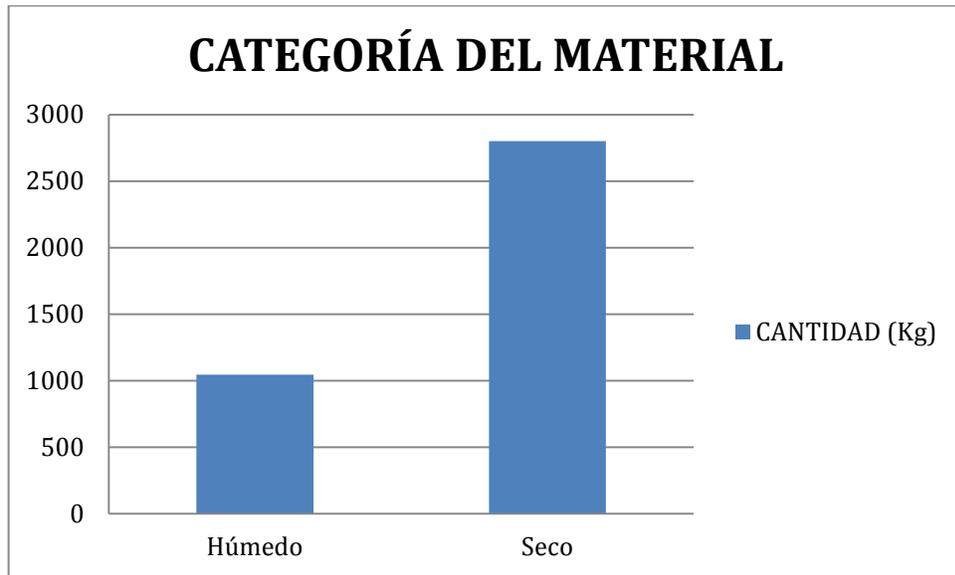
7.3.3 Proporción de combinaciones según cantidad generada de cada material. De acuerdo a los datos contenidos en la tabla 8 donde se especifican las cantidades que mensualmente se generan de MO en el Zoológico, se está produciendo mayor cantidad de material seco que de material húmedo según la categorización de los materiales. La relación que es más pertinente emplear para el proceso de compostaje es de 2:1 (materiales húmedos versus materiales secos respectivamente). (tabla 8)

Tabla 8. Categorización de los materiales y cantidades

CATEGORÍA DEL MATERIAL	CANTIDAD (Kg)
Húmedo	1043,4
Seco	2799,9

Fuente: Autores

Gráfica 14. Categoría Del Material



Fuente: los autores

8. CONCLUSIONES

Se encontró que la compostera tiene la capacidad para albergar alrededor de 17,600Kg de residuo orgánico en sus cuatro cajones a usar.

Según el estudio, el zoológico genera mensualmente alrededor de 3843,3Kg al mes de residuos orgánicos en sus diferentes zonas.

Con la implementación de una compostera en la fundación Zoológico de Cali, se logra una dar una continuidad entre la misión del zoológico y las acciones que éste realiza. Ya que, al implementar proyectos de este tipo se puede educar a la comunidad sobre la importancia de la preservación y cuidado del medio ambiente dando ellos el ejemplo.

Un buen manejo de la compostera generará un compost de alta calidad. Este compost puede ser comercializado por el Zoológico generando un ingreso extra que antes no se tenía.

Según los cálculos realizados sobre la capacidad de la compostera, ésta posee la capacidad suficiente para ocuparse de los residuos orgánicos generados al interior del zoológico.

9. RECOMENDACIONES

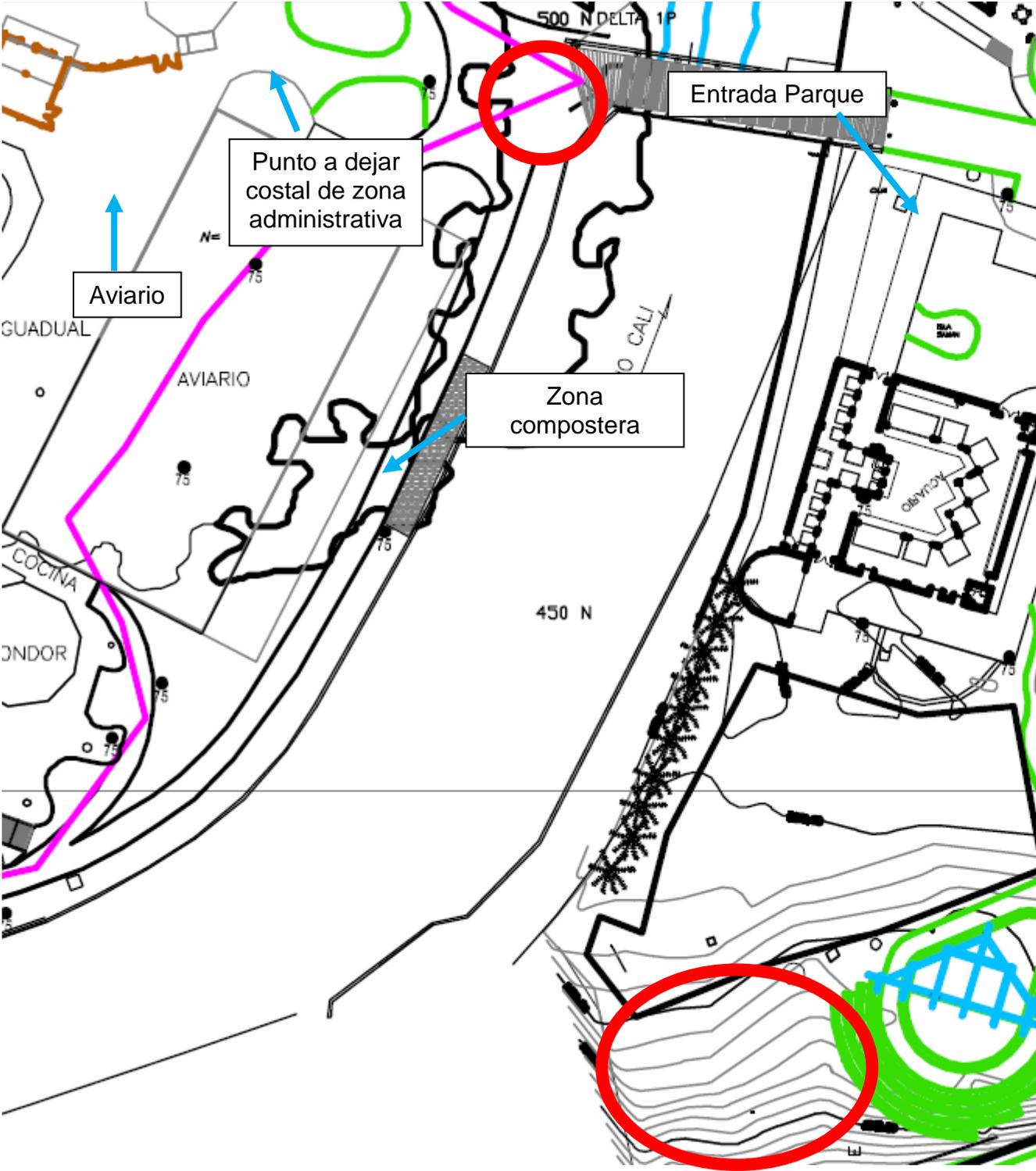
Para que se pueda llevar a cabo la implementación de la compostera en el Zoológico de Cali, es importante que tengan presente una serie de recomendaciones que ayudará a que el proceso se realice de la mejor manera.

9.1 Persona encargada de la compostera. La persona que se recomienda para que se encargue del proceso del compostaje debe tener conocimiento del tema como identificar el momento en el que se deben realizar los volteos, verificar la humedad, aireación y temperatura de la pila de compost, identificar que los olores que se produzcan sean normales y que tenga gran preocupación por el cuidado del medio ambiente. Por esta razón, la persona que se propone para que se haga cargo del manejo de la compostera que se va a llevar a cabo en el Zoológico de Cali, sea el señor Javier Aguirre.

El señor Javier se recomienda ya que, él tuvo la iniciativa de realizar la compostera artesanal que está ubicada en la zona administrativa y sabe de los cuidados que se debe tener para que resulte compost de la mezcla de todos los materiales. De igual manera, es importante que se capacite a todo el personal y hagan uso de la grúa para que tengan presente los factores ambientales antes mencionados, también tener en cuenta las proporciones que se van a manejar para que el abono que se produzca en las instalaciones de la fundación resulte con la calidad esperada.

9.2 Ubicación de los costales que se generan en la zona administrativa. Como ya no se va a trabajar en la compostera artesanal, es necesario que la persona que se va a encargar de recoger la hojarasca que se genera de la zona administrativa, lleve los costales donde inicia la zona parque. El punto donde debe dejarlo es cruzando el puente que atraviesa el río Cali al interior del Zoológico, es decir donde se encuentra el aviario del Zoológico (ilustración 27), dado a que ese punto queda sobre la ruta de recogida que realiza el camión y puede recoger los costales que resultaron de dicha zona y así terminar el recorrido de recolección de costales y llevarlos a la parte de descarga de la zona de la compostera.

Ilustración 11. Mapa Fundación Zoológico de Cali (ruta para dejar residuos de Zona Administrativa)



Fuente: Plano general zoológico de Cali

9.3 Otro tipo de materiales que se pueden tener en cuenta para el compostaje. En el Zoológico de Cali reciclan los materiales inorgánicos tales como el cartón, papel, vidrio, plástico, metal, entre otros. Dos de estos materiales que ellos reciclan hay algunos que se pueden usar para el proceso de compostaje, que son tanto el papel como el cartón; sin embargo estos materiales deben cumplir con las siguientes especificaciones para que puedan ser aprovechados en este proceso. Primero el cartón y el papel deben ser de embalaje; segundo, deben ser desmenuzados en pequeños pedazos; y por último, el papel no puede estar satinado ni ser de revista, puesto que la tinta que lleva es tóxica y puede contaminar el compost.¹³

9.4 Compostaje de residuos cárnicos o restos de animal. Aunque gran número de manuales para hacer compost permiten el uso de residuos cárnicos, huesos, pelos entre otros restos de animal, se recomienda revisar la NTC No. 5167, para tener claro las regulaciones respecto a los tipos de compost que contengan este tipo de materiales.

Por otro lado, se debe tener en cuenta que al usar este tipo de elementos, se pueden generar malos olores, proliferación de microorganismos no deseados, plagas entre otros.

9.5 Dotación del personal encargado de la zona compostera y de la recolección de los MO. Todo el personal que manipule los diferentes tipos de residuos que se recogen en las distintas zonas, deben usar guantes y tapabocas; dado que están expuestos a infecciones y de esta manera se puede evitar el contagio de alguna enfermedad. Para los trabajadores encargados de la actividad de recoger los diferentes tipos de residuos en cada zona, se recomienda darles al menos 3 tipos de elementos contenedores tales como: bolsas plásticas, costales, tarros; con el fin de que se encarguen de la separación de los residuos desde la fuente y su uso sea muchos más fácil.

Es importante que estos elementos sean fácilmente diferenciables entre el tipo de material que va en su interior, con el fin de facilitar tanto el proceso de recogida por cada trabajador como el de separación en la zona compostera.

¹³ Delegación de Medio Ambiente y servicios a la Ciudad. Manual Básico para hacer Compost. . Manual Básico para hacer Compost Ayuntamiento de San Sebastián de los Reyes. P. 3

En la zona compostera se recomiendan los siguientes elementos:

- Pala
- Tamizador
- Carretilla
- Balanza
- Manguera
- Guantes
- Costales
- Gafas
- Termómetro

9.6 Cálculos que se deben tener en cuenta para validar que la MO que se va a utilizar para la compostera sea la adecuada. En la Norma Técnica Colombiana (NTC 5167) se mencionan los diferentes cálculos que se deben realizar a los materiales a emplear en el proceso de compostaje. Es importante que los tengan en cuenta, dado que si alguno de los residuos no cumple con estas especificaciones la calidad del compost no va a resultar como se esperaba y es posible que en el momento de que usen el abono en los lugares donde se requiera éste dentro del Zoológico de Cali infecte la tierra.

9.7 Utilización cajones de compost. Se recomienda que el Zoológico genere una metodología que se ajuste a sus necesidades y capacidades en la compostera. También, ver varios tipos de compostaje con el fin de elegir el que mejor se adapte a las necesidades. Dejar espacio dentro de las instalaciones para la ubicación de materia prima sin compostar y material compostado.

9.8 Capacidad compostera. Debido a la capacidad que posee la compostera, puede que esta no sea utilizada al 100% por lo que, Se puede diseñar una alternativa donde se reciban residuos orgánicos por parte de la comunidad con el fin de completar la capacidad de la compostera. Con esto la fundación tendría un centro de aprovechamiento de residuos orgánicos beneficiando a la comunidad y aprovechando al máximo la capacidad de la compostera.

9.9 Utilización de compost. Se recomienda que el encargado del compost al estandarizar su proceso, tenga una comunicación directa con las personas encargadas de jardinería con el fin de establecer las necesidades de abono en las diferentes zonas de la fundación Zoológico de Cali. Con esto se puede ver la opción de comercializar parte del compost no usado en el zoológico.

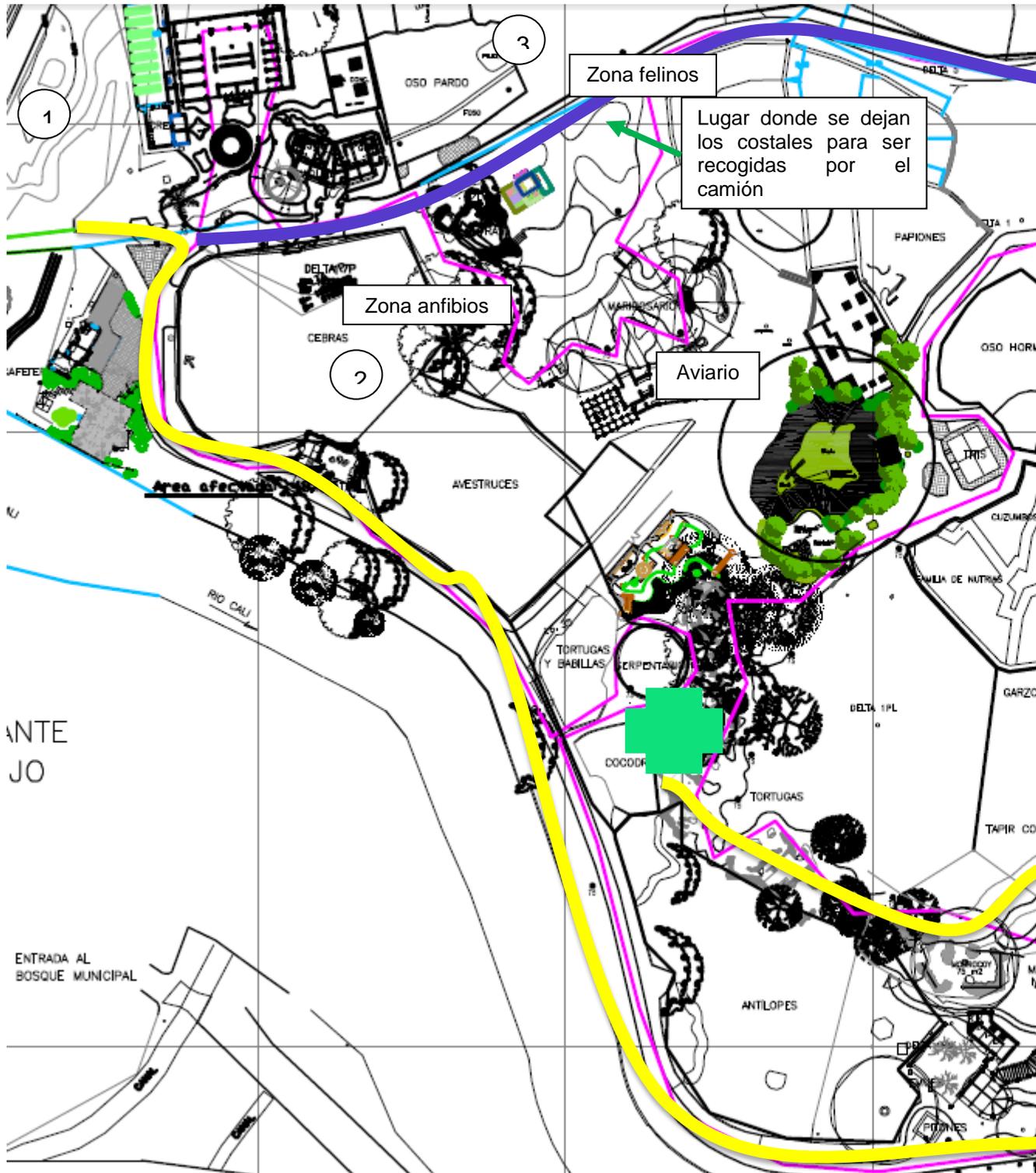
9.10 Alistamiento de materiales. Se recomienda que la mayoría de los materiales a usar en el proceso de compostera pasen por la chipeadora ya que entre menor tamaño tengan los diferentes elementos incluidos en el proceso, más rápido será el proceso de descomposición y se acortará el tiempo de compostaje.

9.11 Implementación de un biodigestor. Se recomienda a la fundación Zoológico de Cali analizar la posibilidad de implementar a futuro un biodigestor, esto se debe a las cantidades de heces generadas en las diferentes exhibiciones por lo cual implementar un proyecto como este podría ser muy viable y amigable con el medio ambiente.

9.12 Horarios y recorrido para que el camión recoja los costales al interior del zoológico. Es importante que se establezca un horario para que el camión pase por la ruta y recoja los costales que se generaron en las diferentes zonas, con esto se garantiza que la persona que va a estar al pendiente de la zona compostera conozca en qué momento llegan nuevo material y poder almacenar inmediatamente los residuos, evitando que se acumulen en la zona de recibimiento los costales.

Para el recorrido del Camión según nos informó el jardinero de la zona parque, el camión sale de la zona 3 ó zona compostera punto 1, hace el recorrido que muestra la línea amarilla recogiendo costales con hojarasca que el jardinero ha dejado hasta llegar al punto 2, en este punto el camión debe devolverse debido a que el camino no le permite pasar. De nuevo, el camión debe ir desde el punto 2 hasta el punto 1 y luego al punto 3 para recoger los costales en la zona que llamamos zona felinos (imagen 11).

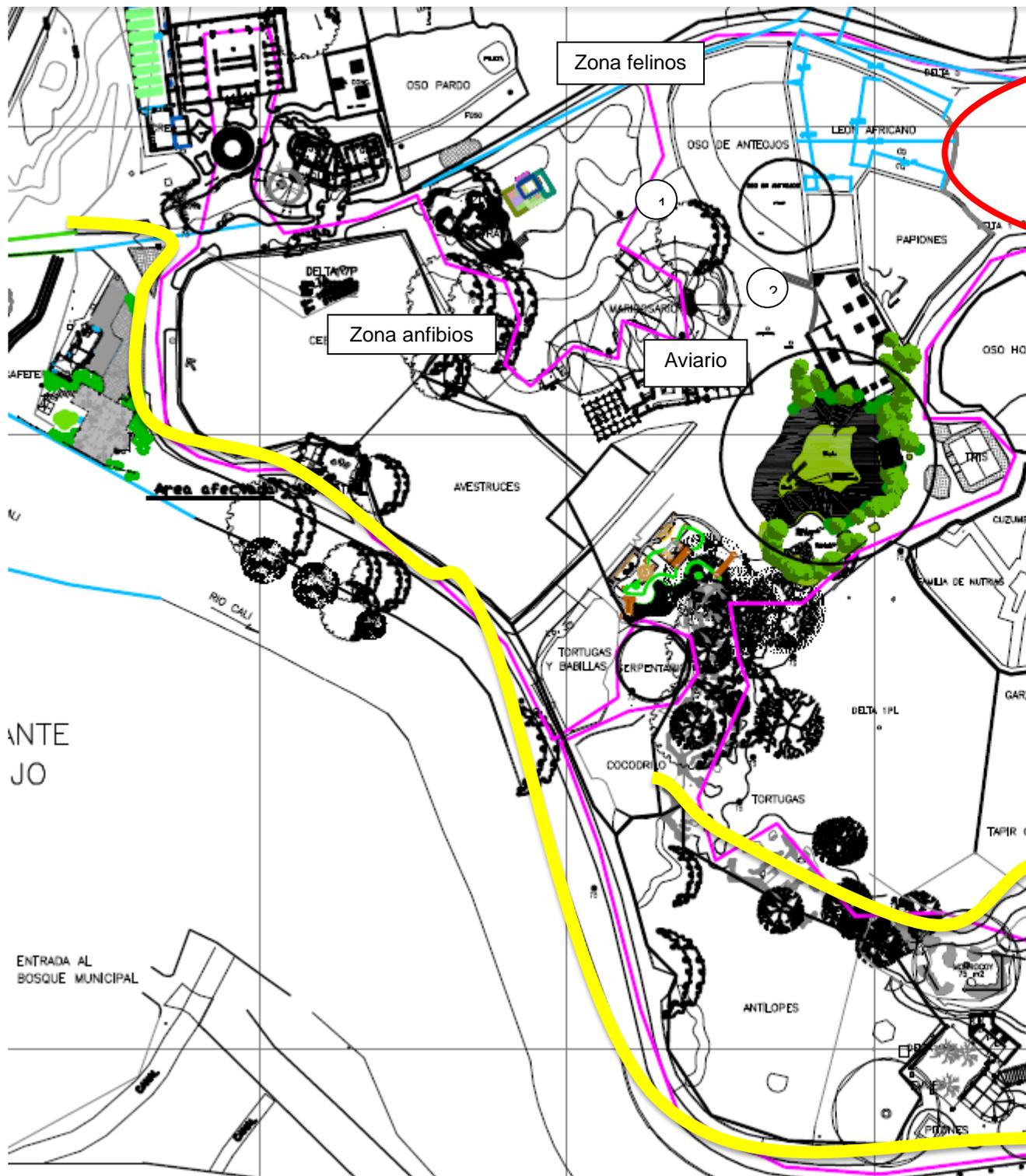
Imagen 11. Ruta Actual para Recogida de Costales con Residuos



Fuente: los autores

Como se puede observar debido a las limitaciones que tiene el camino, el camión debe realizar grandes recorridos para poder recoger los costales, se recomienda que los costales recogidos en la zona felinos, sean llevados a través del callejón que hay entre las exhibiciones de las llamas y el oso hormiguero como lo muestra la imagen 12 (punto 1). Por otro lado en este nuevo recorrido se deben recoger los costales que son traídos desde la Zona administrativa (punto 2) además, de los costales que son puestos a los largo de la ruta amarilla.

Imagen 12. Recorrido Camión y Puntos a Recoger Residuos



Fuente: los autores

BIBLIOGRAFÍA

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN, compost – clasificación. NCh 2880.Of2004. Santiago, Chile.: El instituto. 6 p

García B. Hugo. “Guía tecnológica para el manejo integral del sistema productivo de la caña panelera”. Bogotá: Produmedios, 2007. ISBN978-958-8311-17-3. Pg. 130-140

<http://books.google.com.co/books?id=HavGX8wguv4C&pg=PA130&lpg=PA130&dq=que+se+debe+tener+en+cuenta+para+implementar+una+compostera&source=bl&ots=nZa6EA4hKu&sig=5EjmtmcY5l97pFrsJ8Och1E5mrU&hl=es-419&sa=X&ei=1YR8ULGkGZHg8ATq44DwCw&ved=0CB0Q6AEwAA#v=onepage&q=que%20se%20debe%20tener%20en%20cuenta%20para%20implementar%20una%20compostera&f=false>

Borrero Cesar Augusto. “Abonos Orgánicos”, [en línea].1997, [octubre 2012] http://www.infoagro.com/abonos/abonos_organicos_quaviare.htm

Antumapu. “manual de Compostaje casero”, [en línea]. [septiembre 2012] <http://www.antumapu.cl/webcursos/cmd/22005/pmanriquez/Compostaje%20Casero%20definitivo2.htm>

Hernández, Henry. “Guía de orientación en saneamiento básico para alcaldías de municipios rurales y pequeñas comunidades” [en línea] ,2002; [septiembre 2012] <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/quialcalde/3residuos/3-4residuos.htm>

Delegación de Medio Ambiente y servicios a la Ciudad. Manual Básico para hacer Compost. [en línea]. [mayo 2012]. http://www.compostaenred.org/documentacion/Manuales/1Manual_Compostaje_SanSebastiandelosReyes.pdf

Mis respuestas, “Qué es el compost” [en línea]. 2005, 2012, [octubre 2012]. <http://www.misrespuestas.com/que-es-el-compost.html>

Compostadores, “el compostaje de la pinaza”, [en línea].1995,[octubre2012] <http://www.compostadores.com/h/compostaje/el-compostaje-de-la-pinaza>

Bajatec Manuales: soluciones caseras sostenibles. Manual básico para hacer compost. [en línea],[octubre 2012] <http://www.bajatec.net/residuos-reciclaje-transformacion/manual-basico-para-hacer-compost>

Cotter A. Daniel, “San Francisco’s Integrated Recycling programs”, [en línea], 1990, [septiembre2012]

<http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/nawtec/1986-National-Waste-Processing-Conference/1986-National-Waste-Processing-Conference-27.pdf>

Hughes, Nancy “ZooPoo compost”, [en línea], 2012, [octubre2012]
<http://www.clemetzoo.com/conservation/environment.asp#top>

Gray, Jenny: Zoos Victoria environmental sustainability strategy January 2010 [en línea]. [Enero 2010], [octubre 2012] <http://www.zoo.org.au/sites/default/files/ZV-environmental-sustainability-strategy-2010.pdf>

Desechos sólidos, “Manejo desechos sólidos”, [en línea], 2007, [octubre 2012],
<http://www.desechos-solidos.com/manejo-desechos-solidos.html>

Sosa Bella, “Manejo de residuos sólidos” [en línea], agosto2011, [octubre 2012]
http://www.snvworld.org/sites/www.snvworld.org/files/publications/guia_manejo_de_residuos.pdf

Desechos sólidos, “Manejo desechos sólidos orgánicos”, [en línea], 2007, [octubre 2012],
<http://www.desechos-solidos.com/desechos-solidos-organicos.html>

Dimaté Carlos Arturo, “Manejo de residuos sólidos”, [en línea], 2007, [octubre 2012]
http://www.corporacionambientalempresarial.org.co/documentos/370_MANEJO_DE_RESIDUOS_S%C3%93LIDOS.pdf

Loayza Mariana. Los zoológicos son necesarios porque constituyen un importante centro para la conservación de la diversidad biológica. En: EcoMundo: un espacio de comunicación sobre medio ambiente y ecología a nivel nacional e internacional, febrero 2006, vol. 2, no. 3. [En línea]
http://www.revistaecomundo.com/pdf/ecomundo_03.pdf

Escobar Villagrán José Luis, “Caracterización y generación de los residuos sólidos de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas”, [en línea],
<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/resisoli/mexico/03364e14.pdf>

CHACÓN LEITE, Alexander y TULC+AN MELO, Sofía. Caracterización y Cuantificación de Residuos en el Zoológico de Cali y Generación de Procesos de Cambio en Torno al Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS. 2012

Productos para la industria agrícola productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas de suelo. NTC-5167 Bogotá D.C.: el instituto 2004. 1-27p

Castillo Humberto, “Produce zoológico de Morelia 10 toneladas de residuos por semana”, [en línea], agosto 2009, [octubre 2012],
<http://www.cambiodemichoacan.com.mx/vernota.php?id=106971>

ALCALDIA DE SANTIAGO DE CALI. Plan de gestión integral de residuos sólidos PGIRS [en línea]. <<http://www.Cali.gov.co/juridica/publicaciones.php?id=32970>> [citado en 10 de octubre de 2011] <http://www.icesi.edu.co/blogs/zoogestion/files/2011/02/PLAN-ESTRATEGICO-2011-2013-FUNDACION-ZOOLOGICO-DE-CALI.pdf>

Ruiz Juan Pablo, Zoológico de Cali: un ejemplo nacional, [en línea], Julio 2012, [octubre 2012], <http://www.elspectador.com/opinion/columna-364178-zoologico-de-cali-un-ejemplo-nacional>

Soto, Isabel. Curso de Compostaje de la UAM, tipos de compost. Universidad autónoma de Madrid, [mayo 2013] P1

