

**PROGRAMA PARA EL MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS  
GENERADOS EN LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL MUNICIPIO DE  
LA UNIÓN, NARIÑO**

**DEYSY ALEXANDRA OVALLE GÓMEZ**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
POPAYÁN, CAUCA  
2007**

**PROGRAMA PARA EL MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS  
GENERADOS EN LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL MUNICIPIO DE  
LA UNIÓN, NARIÑO**

**DEYSY ALEXANDRA OVALLE GÓMEZ**

**Trabajo de grado en la modalidad pasantía, presentado como requisito, para optar el  
título de Ingeniera Ambiental**

**Director  
PAULO MAURICIO ESPINOSA ECHEVERRI  
Ingeniero Químico MSc.**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
POPAYÁN, CAUCA  
2007**

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
RESUMEN	8
1.ANTECEDENTES	10
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
3. JUSTIFICACIÓN	15
4. OBJETIVOS	17
4.1 OBJETIVOS GENERALES	17
4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	17
5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MUNICIPIO DE LA UNIÓN	18
5.1 UBICACIÓN DEL MUNICIPIO	18
5.2 USOS DEL SUELO	19
5.3 DEMOGRAFÍA	20
6. DESARROLLO DE LA PRIMERA FASE DEL PROGRAMA DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	22
6.1 Características didácticas del programa de manejo integral de los residuos sólidos	23

6.1.1 El centro educativo y su entorno	24
6.1.2 El grupo humano al cual se dirigió el programa	26
6.2 METODOLOGÍA DEL PROGRAMA	27
6.3 CONTENIDO DEL PROGRAMA	30
6.3.1 Fases en la realización de las actividades del programa	32
7. DESARROLLO DE LA SEGUNDA FASE DEL PROGRAMA DE MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	34
7.1 CUANTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS	34
7.1.1 Cuantificación y caracterización de los residuos sólidos generados en la institución educativa Juanambú	34
7.1.2 Cuantificación y caracterización de los residuos sólidos generados en la institución educativa Concentración de Desarrollo Rural	36
7.1.3 Caracterización de los residuos sólidos orgánicos generados en la granja de la institución educativa Concentración de Desarrollo Rural	38
7.2 ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS	39
7.2.1 Generalidades del proceso de compostaje	39
7.2.2 Construcción y monitoreo de la unidad de compostaje	49

7.2.3	Generalidades del proceso de lombricultura	52
7.2.4	Construcción y monitoreo de la unidad de lombricultura	60
7.3	ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL PROCESO DE COMPOSTAJE Y LOMBRICULTURA	64
8.	CONCLUSIONES	73
9.	RECOMENDACIONES	74
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	76
	ANEXOS	78

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Actividades productivas del municipio de La Unión.	19
Tabla 2. Registro histórico de la población en el municipio de La Unión.	21
Tabla 3. Esquema de clasificación de los residuos sólidos según la composición física.	35
Tabla 4. Caracterización de los residuos sólidos de la institución educativa Juanambú.	36
Tabla 5. Caracterización de los residuos sólidos de la institución educativa Concentración de Desarrollo Rural.	37
Tabla 6. Caracterización de los residuos sólidos de la granja de la institución educativa Concentración de Desarrollo Rural.	38
Tabla 7. Insumos y residuos sólidos utilizados en el proceso de compostaje.	50
Tabla 8. Datos de temperatura y pH durante el proceso de compostaje.	51
Tabla 9. Dosis de empleo de humus de lombriz en diferentes cultivos.	60
Tabla 10. Insumos y residuos sólidos utilizados durante el proceso de lombricultura.	61
Tabla 11. Datos de temperatura y pH durante el proceso de lombricultura.	63
Tabla 12. Insumos y costos para el proceso de compostaje.	72
Tabla 13. Insumos y costos para el proceso de lombricultura	72

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Mapa del municipio de La Unión	18
Figura 2. Comportamiento teórico de la temperatura y pH durante el proceso de compostaje.	45
Figura 3. Comportamiento de la temperatura y pH durante el proceso de compostaje.	51
Figura 4. Comportamiento de la temperatura y pH durante el proceso de lombricultura.	63
Figura 5. Granja “Manuel Mejía”, CDR.	78
Figura 6. Invernadero de la granja “Manuel Mejía”.	78
Figura 7. Capacitación de los alumnos de la institución educativa Juanambú.	79
Figura 8. Campaña de reciclaje en el municipio de La Unión.	79
Figura 9. Campaña de reciclaje en el municipio de La Unión.	80
Figura 10. Almacenamiento de los residuos sólidos (pulpa de café). Granja CDR.	81
Figura 11. Construcción de la unidad de lombricultura. Alumnos CDR.	82
Figura 12. Construcción de la Unidad de lombricultura.	82
Figura 13. Construcción de la unidad de compostaje.	83
Figura 14. Monitoreo de la unidad de lombricultura. Alumnos Juanambú	83

## RESUMEN

El informe que se presenta a continuación es el resultado del trabajo de grado en modalidad pasantía realizado en el municipio de La Unión, Departamento de Nariño que consistió básicamente en el diseño, planeación e implementación de un programa de manejo integral de los residuos sólidos generados en dos instituciones educativas del municipio, el tema seleccionado y objetivos propuestos con el desarrollo del trabajo fueron establecidos de acuerdo a un previo análisis realizado al Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS, 2005), en donde se plantea como una de las estrategias para mitigar, minimizar y prevenir los daños causados al ambiente por el manejo inadecuado de los residuos sólidos, la ejecución de proyectos de gestión ambiental y la creación de espacios educativos que promuevan conductas más responsables y solidarias en los habitantes del municipio que vayan de la mano con la preservación del medio.

El trabajo se desarrolló en dos fases:

En la primera fase se realizaron actividades de capacitación en dos centros educativos del municipio de La Unión que prestan el nivel de educación básica secundaria, y con los cuales se logró realizar los respectivos convenios, estos son: Colegio Nacional Juanambú (formación académica) y Concentración de Desarrollo Rural (formación agropecuaria), las actividades ejecutadas se adaptaron a las condiciones y recursos con los que se contaba en cada institución y los temas seleccionados se desarrollaron teniendo en cuenta las características propias de cada una de las comunidades estudiantiles, ya que por tratarse de colegios de formación diferente, los conocimientos previamente adquiridos por los estudiantes y actitudes frente a temas de carácter ambiental eran disímiles.

Posteriormente en la segunda fase se desarrollaron actividades de tipo investigativo que consistieron básicamente en la construcción y monitoreo de dos unidades de tratamiento de residuos sólidos: compostaje y lombricultura, con estas actividades se logró colocar en práctica los conocimientos adquiridos durante la capacitación y despertar en los estudiantes una actitud científica, demostrando de esta manera las diferentes alternativas que existen para el tratamiento y aprovechamiento de los residuos sólidos y que hacen parte de la gestión integral.

1. Desarrollo de la primera fase:

Para el desarrollo de esta fase se realizaron una serie de actividades donde se buscó principalmente la sensibilización de las comunidades educativas seleccionadas, en éstas se



dieron a conocer temas relacionados con el manejo integral de los residuos sólidos municipales, análisis de los problemas asociados a la producción de residuos, clasificación y reciclaje, y las diferentes alternativas de aprovechamiento de los mismos.

Para dar cumplimiento a esta fase del programa, la capacitación de los estudiantes se dio a través de videos, talleres, debates y charlas de sensibilización, posteriormente con la ayuda de los estudiantes de la institución educativa Juanambú se realizaron jornadas de capacitación en los diferentes barrios del municipio. Mediante visitas a los hogares, los estudiantes dieron a conocer la importancia de la separación en la fuente, reciclaje, reutilización y reducción de los residuos sólidos, y de cómo con acciones tan sencillas como colocar la basura en su lugar y mantener los espacios públicos del municipio limpios se puede lograr una mejor convivencia para todos.

## 2. Desarrollo de la segunda fase:

Una vez los estudiantes de las instituciones educativas contaron con las bases teóricas sobre el manejo de los residuos sólidos se desarrollaron talleres prácticos como la cuantificación y caracterización de los residuos generados en cada institución.

Debido a que la institución educativa Concentración de Desarrollo Rural tiene una granja y aprovechando que en términos generales la mayor producción de residuos dentro de la misma son los de tipo orgánico, se adecuaron unidades de compostaje y lombricultura en donde se logró integrar el conocimiento relacionado a esta actividad de aprovechamiento de los residuos, para de esta manera sensibilizar y motivar a los estudiantes en la búsqueda de nuevas alternativas de producción de alimentos y la creación de nuevos espacios pedagógicos de manera más experimental, práctica y productiva.

Una vez implementadas las unidades de compostaje, se realizó el monitoreo continuo de los diferentes parámetros como temperatura, humedad, pH, para garantizar la producción de abono orgánico en un tiempo razonable y de buena calidad.

## 1. ANTECEDENTES

La educación ambiental es un proceso integral e interdisciplinario que considera al ambiente como un todo y que busca involucrar a la población en general en la identificación y resolución de problemas a través de la adquisición de conocimientos, valores, actitudes y habilidades, la toma de decisiones y la participación activa y organizada. Se debe, sin embargo, considerar que la problemática ambiental sobre la que se busca incidir está determinada por un sin número de procesos, cuya práctica involucra desde la manera en que el hombre se concibe a sí mismo como parte de la naturaleza, hasta los instrumentos concretos con que se apropia de ella. Esto es, los diferentes saberes y prácticas, no sólo económicos, sino sociales y culturales de la humanidad<sup>1</sup>.

El concepto de ambiente que ha presidido las directrices de la política de educación ambiental en nuestro país abarca nociones que implican tanto a las ciencias físicas y naturales, como a las ciencias humanas y a los saberes tradicionales y comunes.

Dando una mirada hacia el pasado, las primeras disposiciones legales, de carácter nacional en materia de educación ambiental, se hallan establecidas en el Código Nacional de los Recursos Naturales y Renovables y de Protección del Medio Ambiente (1974). Posteriormente, la Constitución Nacional (1991) y la Ley General de Educación (1994) estipulan que la educación ambiental debe ser un área obligatoria en los centros públicos y privados de educación formal, tanto a nivel preescolar como de básica y media, desarrollada como una dimensión que atraviese el currículo académico. Además, la ley 99 de 1993, por la que se creó el Ministerio del Medio Ambiente, establece la concertación entre este último y el Ministerio de Educación Nacional en materia de educación ambiental.

Existen otros instrumentos legales que han contribuido al desarrollo de la educación ambiental en Colombia, tales como el Documento CONPES (Consejo Nacional de Política Económica y Social) DNP 2541 (Departamento Nacional de Planeación o el informe de la Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo, 1994). Asimismo, aún sigue vigente un convenio establecido entre la Universidad Nacional de Colombia y el Ministerio de Educación Nacional en el año de 1992 y que ha venido desarrollando una línea investigativa para conocer el estado de la educación ambiental en el país, explorar las posibilidades estratégicas, conceptuales, metodológicas de la educación ambiental y reflexionar críticamente en torno al concepto de formación integral, para detectar avances, logros y dificultades en este aspecto.

---

<sup>1</sup> LATORRE Estrada, Emilio. Medio Ambiente y Municipio en Colombia. Editorial Fescol. Bogotá, 1994. P.46.

Como resultado de la investigación se encontró que existía una separación entre las actividades educativas ambientales y las propuestas curriculares; actividades tales como el cultivo hidropónico, huerto escolar y otras se consideran de educación ambiental y están a menudo en contradicción con las condiciones ambientales de la zona en la cual se desarrollan. Finalmente, en el trabajo de campo, se está evaluando en la actualidad la diferencia entre el discurso y la práctica, que en cualquier caso que se considere, la conceptualización de la educación ambiental, debe estar dimensionada, con base en los problemas existentes.

El decreto 1743 de 1994, de la Ley General de Educación Nacional dispone la inclusión de proyectos ambientales escolares (PRAES) en los Proyectos Educativos de los centros escolares públicos y privados, con especial atención hacia las comunidades étnicas. La Educación Ambiental no es, por tanto, una disciplina independiente, sino que debe estar presente en todos los componentes del currículo académico.

La educación ambiental en la escuela debe entenderse como una estrategia para la búsqueda de espacios de reflexión y de concreción de actividades que, partiendo de conocimientos significativos, ponga en contacto al estudiante con su realidad. El trabajo con los docentes debe tener en cuenta la sensibilización, la formación, la profundización y la proyección. Todo ello debe desarrollarse sobre problemas concretos, como unidades constituyentes del proyecto educativo.

La inclusión de la educación ambiental en el currículo a partir de proyectos permite integrar las diversas áreas del conocimiento para el manejo de un universo conceptual aplicado a la solución de problemas. Permite también explorar cuál sería la participación de cada una de las disciplinas en un trabajo interdisciplinario y/o transdisciplinario. Una vez que la escuela entre en concertación con las diversas entidades comunitarias y con grupos externos de apoyo, los proyectos escolares adquieren una dinámica propia.

Una de las estrategias fundamentales para la apropiación de procesos de educación ambiental, en el marco de las políticas nacionales ambientales y de las políticas nacionales educativas, que actualmente se viene promoviendo es la conformación y la consolidación de los comités técnicos interinstitucionales de educación ambiental, departamentales y locales. Estos comités buscan la inclusión de la educación ambiental en cada uno de los rincones del territorio nacional, a través de planes en los que participan todas las instituciones, con competencias y responsabilidades en el campo particular. Se busca que estos planes sean incorporados a los planes de desarrollo, como eje transversal y como elemento de transformación y cambio de las relaciones sociedad, naturaleza y cultura, en los distintos escenarios del país.

En cuanto a la educación no formal y dentro de la misma visión que fundamenta los desarrollos contextuales y conceptuales de los marcos políticos para la educación ambiental en Colombia, se plantean los proyectos ciudadanos de educación ambiental (PROCEDAS), como estrategia importante para el trabajo comunitario en el campo de la problemática ambiental. Estos proyectos están íntimamente relacionados con la transformación de las dinámicas socioculturales de las diferentes colectividades de una comunidad local, alrededor de la intervención ambiental. Desde su concepción, esta estrategia se ha asociado a las propuestas escolares, con el fin de buscar la complementariedad en los procesos formativos y de capacitación de las comunidades.

De esta manera, dada la importancia de la educación ambiental como un instrumento de gestión para el logro de los objetivos de conservación de los recursos naturales que garanticen el derecho a un ambiente sano, es necesaria la creación de espacios educativos en distintos escenarios de la sociedad que promuevan acciones, comportamientos y actitudes responsables con respecto al uso de los componentes del medio.

Precisamente con el desarrollo de esta pasantía, se buscó la vinculación de los estudiantes, de dos instituciones educativas del municipio de La Unión, en un proyecto ambiental encaminado hacia la adquisición de conocimientos, técnicas, y la construcción de valores y principios adecuados con el medio, para así lograr vincular a la escuela en la búsqueda de soluciones a uno de los problemas ambientales de mayor importancia en la actualidad en el municipio, como es el manejo de los residuos sólidos. La educación ambiental hace parte de la gestión ambiental, fundamental para regular y controlar el uso de los recursos naturales y las funciones ambientales, y garantizar de esta manera, la sostenibilidad ambiental y la calidad de vida de los habitantes del Municipio.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el Municipio de La Unión, no existe una gestión adecuada de los residuos sólidos, por lo que se hace cada vez más urgente la creación de programas educativos que vayan encaminados hacia la generación de nuevos conocimientos, comportamientos y actitudes en la población, para impulsar acciones tales como reducción de la generación, separación en la fuente, reutilización y reciclaje de los residuos sólidos, así como también prevenir y disminuir los riesgos ambientales asociados a las distintas fases de su ciclo de vida.

La falta de sensibilización frente al manejo de los residuos sólidos ha propiciado la generación de malos hábitos en los habitantes del Municipio de La Unión que van desde la disposición de los residuos en las áreas públicas, ocasionando impactos visuales negativos y malos olores que a su vez se transforman en riesgos para la salud, hasta la carencia de acciones de separación en la fuente y reutilización de los residuos sólidos, lo que ha contribuido al aumento progresivo del volumen de estos, convirtiéndose en un problema para las autoridades municipales al no contar con sitios adecuados para su disposición final.

Para el caso del municipio de La Unión, la problemática ambiental de los residuos sólidos está asociada entre otros, con los siguientes aspectos fundamentales:<sup>2</sup>

1. Estrategias de mercado y sistemas de producción insostenibles que inciden sobre los patrones de consumo de la población
2. Falta de conciencia ciudadana sobre la relación entre los residuos, el ambiente, la economía familiar y nacional.
3. Carencia de desarrollo y fortalecimiento de mercados para los residuos sólidos aprovechables.
4. Carencia de políticas institucionales que promuevan la recuperación de materiales aprovechables y que garanticen las posibilidades de comercialización de tales materiales.
5. Carencia de motivación y cultura de aprovechamiento de los residuos sólidos. Es

---

<sup>2</sup> PGIRS. Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Municipio de La Unión. 2005. p. 32.

poca la población con conciencia y hábitos de reutilización y de separación en la fuente.

6. Enfoque del manejo de los residuos sólidos en la disposición final vinculada a rellenos sanitarios o botaderos, sin considerar otras alternativas.
7. Falta de aplicación de tecnologías alternativas para el tratamiento, aprovechamiento y disposición final de los residuos sólidos.

Dentro del anterior panorama se hace cada vez más necesario la implementación de programas de gestión ambiental que involucre procesos educativos de manejo integral de los residuos sólidos a nivel de las fuentes generadoras para darle a conocer a la comunidad de La Unión los beneficios que trae la separación, procesamiento y transformación de los residuos sólidos y que genere acciones responsables y cambios de hábitos en la población que puedan ponerse en práctica en los espacios en los que viven.

### 3. JUSTIFICACIÓN

Dentro del amplio espectro de temas que guardan relación con la problemática de tanta actualidad como es la protección del ambiente, el de los residuos sólidos ocupa un lugar principal en la gestión ambiental.

Con las demandas del desarrollo, el hombre empezó a utilizar las materias primas de una forma desordenada, los bienes producidos no fueron diseñados para alcanzar su mayor durabilidad y posterior reciclabilidad por lo que actualmente el exceso de residuos sólidos constituye uno de los problemas más acuciantes que la sociedad tiene que afrontar.

Los residuos sólidos comprenden cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido que se abandona, bota o rechaza después de haber sido consumido o usado en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios e instituciones de salud y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico.

Los residuos sólidos pueden clasificarse de acuerdo a su origen (domiciliar, industrial, comercial, institucional, público, etc.); a su composición (materia orgánica, vidrio, metal, papel y cartón, inerte y otros); o de acuerdo con su peligrosidad (tóxicos, reactivos, corrosivos, radiactivos, inflamables e infecciosos).

La gestión de los residuos sólidos es una tarea muy compleja que se ha convertido en un problema común en los países en vía de desarrollo como consecuencia del gran crecimiento demográfico de los centros urbanos, del cambio de hábitos de consumo y desarrollo industrial, entre otros factores. Lo anterior se refleja en la falta de limpieza de las áreas públicas, la descarga de los residuos a las fuentes de agua o su abandono en botaderos a cielo abierto.

La gestión integral de los residuos sólidos puede ser definida como la disciplina asociada al control de la generación, almacenamiento, recolección, transferencia y transporte, procesamiento y disposición final de los residuos sólidos de una forma que armonice con los mejores principios de la salud pública, de la economía, de la ingeniería, de la conservación, de la estética, y de otras consideraciones ambientales, y que también responde a las expectativas públicas. En este contexto, la gestión integral de residuos sólidos puede ser definida como la selección y aplicación de técnicas y programas de

gestión idóneas para lograr metas y objetivos específicos con respecto al manejo de los residuos sólidos<sup>3</sup>.

Un proceso integral de manejo de residuos constituye las actividades funcionales de separación, procesamiento y transformación de los residuos sólidos que al implementarse en las fuentes de generación puede constituir una alternativa eficaz para solucionar problemas relacionados con el mal manejo de los residuos.

En el municipio de La Unión como en otras regiones del país el manejo de los residuos sólidos se ha enfocado en el tema de disposición final, por lo que han sido escasos los programas de gestión ambiental que incentiven procesos de separación, recuperación, aprovechamiento o eliminación técnica de los residuos sólidos, debido a esto, se hace necesario la implementación de programas en las fuentes generadoras de residuos para contribuir de alguna manera a la disminución de los riesgos ambientales asociados a la producción de los mismos.

El programa de manejo integral de residuos sólidos desarrollado en las instituciones educativas del Municipio de La Unión combina elementos teóricos y prácticos a través del aprendizaje gradual de conceptos, técnicas, procedimientos y actividades diseñadas para generar recordación en los estudiantes, por consiguiente garantizar un proceso de continuidad permitiendo obtener beneficios ambientales, económicos y sociales, tales como la minimización de los impactos ambientales negativos y la producción de abono orgánico que posteriormente se pueden utilizar en actividades agrícolas propias de la región.

Este programa es un ejemplo concreto y práctico de manejo integral de residuos sólidos que demuestra a los habitantes de La Unión que con acciones tan sencillas como la separación y el reciclaje de los residuos y la participación de todos se pueden obtener resultados favorables para el ambiente y constituye una solución para los problemas que genera la producción de residuos sólidos en el Municipio.

---

<sup>3</sup> TCHOBANOGLOUS, George. Gestión Integral de Residuos Sólidos. Vol. I. Editorial Mc Graw Hill Internamenricana. Madrid. España. 1994. p. 7.



## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar e implementar un programa de manejo integral de residuos sólidos dentro de las instituciones educativas del municipio de La Unión, para fortalecer procesos y conocimientos relacionados con el manejo adecuado de los residuos que genere acciones tales como separación, recuperación y aprovechamiento para implementar posteriormente procedimientos y técnicas que permitan realizar el tratamiento de los residuos sólidos generados en las instituciones educativas.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diseñar una estrategia de control, seguimiento, y sensibilización del manejo adecuado de los residuos sólidos, para ser desarrollado en las instituciones educativas seleccionadas por el proyecto.
- Establecer parámetros e implementar procedimientos que permitan el tratamiento técnico de los residuos sólidos generados a nivel institucional.
- Aplicar algunas técnicas utilizadas en la elaboración de abono orgánico para posteriormente implementar la más conveniente en el manejo de los residuos de la granja de la institución educativa Concentración de Desarrollo Rural

## 5. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MUNICIPIO DE LA UNIÓN<sup>4</sup>

### 5.1 UBICACIÓN DEL MUNICIPIO

El Municipio de La Unión se encuentra localizado en el nor-oriental del Departamento de Nariño, al nor-oriental de la ciudad de San Juan de Pasto y del Volcán Galeras.

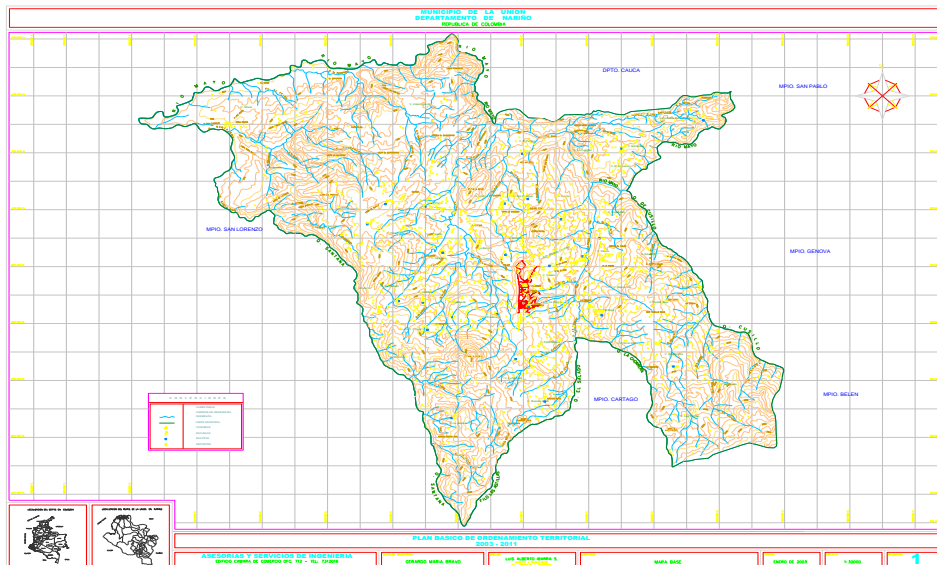
- Localización con coordenadas:

La cabecera Municipal se encuentra ubicada entre las coordenadas 10°26'06" de latitud Norte y 77°80'15" de longitud oeste de Greenwich.

- Límites geográficos:

Norte: Departamento del Cauca, Municipio de Mercaderes  
Sur: Municipios de San Pedro de Cartago y Arboleda  
Occidente: Municipio de San Lorenzo  
Oriente: Municipios de San Pablo, Colón, Belén y Génova.

**Figura 1. Mapa del municipio de La Unión**



<sup>4</sup> PBOT. Plan básico de Ordenamiento territorial. Municipio de La Unión. 2003-2011

- Extensión total: 163 km<sup>2</sup>.  
Área Urbana: 1,321 km<sup>2</sup>.  
Área Rural: 161,679 km<sup>2</sup>.

- Relieve en general:

El Municipio de La Unión presenta principalmente paisaje de ladera conformado por montañas, colinas altiplanos y formas coluviales.

- Hidrografía principal:

El municipio de La Unión se encuentra en la región andina (cordillera centro oriental, ramal del Nudo de los Pastos), corresponde a la cuenca alta del río Patía, bañada por el río Mayo y un tributario del río Juanambú (la quebrada Santa Ana); el municipio está cubierto por una compleja red hidrográfica compuesta por quince microcuencas y catorce escurrimientos directos, que se constituyen en el depósito final de las quebradas tributarias, consideradas de importancia para el municipio, por sus caudales y recorrido y que además identifican las microcuencas de la región y escurrimientos directos.

## **5.2 USOS DEL SUELO:**

El potencial económico del municipio de La Unión se basa en la actividad agrícola. Dentro de la producción agrícola se destaca el café como el cultivo más representativo, seguido por el plátano, maíz, yuca, caña de azúcar, cítricos y pastos. En el sector pecuario se destaca la explotación de bovinos de doble propósito (leche y carne).

A continuación se presentan las actividades de producción agrícola del Municipio y la extensión del territorio dedicado a cada una de ellas:

**Tabla 1. Actividades productivas del municipio de La Unión**

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>EXTENSIÓN (km<sup>2</sup>)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
AGRUPAMIENTO URBANO	1,32	0.81
AGRICULTURA DE CULTIVOS PERMANENTES		
Franca Cafetera	55,3	34,11
Café sin sombra	0,93	0,57
Café- Frutales Banano – Fique	7,63	4,68
Plátano – Café	3,44	2,11
Mora – Fique – Café – Plátano	9,12	5,59
Fique – Café – Plátano	5,78	6,70
Café – Banano – Frutales	10,10	6,13
AGRICULTURA DE CULTIVOS TRANSITORIOS		
Caña – Maíz – Yuca	7,63	4,68%*
Caña – Maíz	3,44	2,11 %*
Maíz – Frijol	5,38	3,30 %**
Arbeja	9,12	5,59 %*
GANADERÍA		
Pastos Naturales	30,00	34,11
Pastos – Cultivos	26,44	30,06
USO INDUSTRIAL		
Cafeto	0,93	0,57
Cafeto*	90,49	55,46
TEXTILES		
Fique	4,15	2,54
Fique*	23,52	14,42

\* combinado con cultivos permanentes

\*\* Plantaciones forestales

Fuente: PBOT, Municipio de La Unión.2003-2011

### **5.3 DEMOGRAFÍA:**

El municipio de La Unión se identifica como el centro de mayor población del norte del departamento de Nariño y sur del departamento del Cauca, en la actualidad, según proyecciones del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), el municipio cuenta con 47.244 habitantes, de los cuales el 33,8 % viven en la zona urbana y el restante 66,19 % viven en zonas rurales.

Históricamente los registros de población muestran el siguiente comportamiento:

**Tabla 2. Registro histórico de población del Municipio de La Unión**

<b>AÑO CENSAL</b>	<b>POBLACIÓN TOTAL</b>	<b>POBLACIÓN URBANA</b>	<b>POBLACIÓN RURAL</b>
1938	14.018	2.626	11.392
1951	12.792	2.796	9.998
1964	14.974	3.975	11.072
1973	16.103	5.630	10.473
1985	20.137	7.300	12.837
1993	31.288	10.348	20.940
2003	40.772	13.791	26.981
2005	47.244	15.969	31.275

Fuente: PBOT. Plan básico de Ordenamiento Territorial. Municipio de La Unión.

La población seleccionada para la realización del programa de manejo integral de residuos sólidos fueron los estudiantes de dos instituciones educativas del municipio, principalmente el trabajo se desarrolló con los alumnos del grado décimo (cuatro grados), con un total de 136 alumnos de la institución educativa Juanambú y 40 alumnos de la institución educativa Concentración de Desarrollo Rural.

## **6. DESARROLLO DE LA PRIMERA FASE DEL PROGRAMA DE MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS**

El trabajo se inició con la preparación de las actividades de capacitación, revisión de literatura y la elaboración del material didáctico que serviría de apoyo para el desarrollo de los talleres con la comunidad estudiantil seleccionada.

Posteriormente, una vez establecidos los respectivos convenios con la administración del municipio de La Unión y las directivas de las instituciones educativas Juanambú y Concentración de Desarrollo Rural (CDR) se dio inicio al desarrollo de las actividades educativas con los alumnos de los grados décimo (4 grados). Debido a que la modalidad de los colegios seleccionados es diferente, las actividades se adaptaron de acuerdo a los conocimientos previos adquiridos por los estudiantes y a los recursos con los que se contaba en cada institución.

En la institución educativa Concentración de Desarrollo Rural por ser de carácter agropecuario, una vez realizadas las actividades de capacitación, el trabajo se centró básicamente en la aplicación de las técnicas de manejo y aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos compostaje y lombricultura.

Por el contrario como los docentes de la institución educativa Juanambú actualmente realizan un curso de formación técnica sobre manejo integral de residuos sólidos bajo la orientación de los profesionales del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), los alumnos de la institución ya contaban con algunas bases teóricas relacionadas con los problemas ambientales generados por el manejo inadecuado de los residuos y conocían más de cerca las debilidades y fortalezas con las que cuenta el municipio con respecto al manejo de los residuos sólidos.

Las actividades se enfocaron hacia la capacitación de los alumnos en la cultura de separación en la fuente, reducción, reutilización y reciclaje de los residuos sólidos debido a que la Empresa de Servicios Públicos Municipales (EMLAUNION) junto con el SENA lideran una campaña educativa en la que los estudiantes de los grados décimo y docentes de la institución educativa son los encargados de su difusión.

La capacitación se centró en la profundización de conocimientos previamente adquiridos por los alumnos, como es el caso del “método sabasco”, una técnica de educación ambiental que se ha aplicado en diferentes municipios del departamento de Nariño a cargo de los profesionales del SENA y que consiste básicamente en el aprendizaje gradual de la

cultura del reciclaje que incluye procedimientos que van desde la selección de las convenciones para la separación y clasificación de los residuos sólidos hasta la elaboración del material didáctico por parte de los estudiantes para la puesta en marcha de la campaña educativa con la comunidad.

Como parte del programa de manejo integral de residuos sólidos y la campaña de educación ambiental, se realizó con los estudiantes de la institución educativa Juanambú actividades tales como desfiles, programas radiales y visita a los hogares donde se entregó a los habitantes de La Unión volantes de tipo informativo sobre como se debe separar los residuos y bolsas de colores para la clasificación de los mismos, todo esto con el propósito de dar a conocer a la comunidad la importancia del reciclaje y los beneficios que trae para todos el manejo responsable de los residuos sólidos generados en cada uno de sus hogares.

## **6.1 CARACTERÍSTICAS DIDÁCTICAS DEL PROGRAMA**

Un programa de educación y gestión ambiental es la exposición general de intenciones, estrategias y acciones que una comunidad educativa desea emprender para desarrollar coherentemente la acción educativa ambiental en su contexto escolar<sup>5</sup>.

Un aspecto fundamental de un programa de educación ambiental es su dimensión estratégica, pues no sólo debe manifestar las intenciones que lo mueven sino que debe establecer, de forma sistemática, las vías a través de las cuales pretende conseguir sus finalidades en el contexto para el que está diseñado.

Si bien el objetivo final del programa de educación y gestión ambiental implementado en las instituciones educativas del municipio de La Unión consistía en promover en los estudiantes una conducta correcta respecto a su entorno y específicamente sensibilizarlos frente al manejo adecuado que se le debe dar a los residuos sólidos, no cabe duda de que ese fin último debió pasar por la clarificación de unos conceptos clave sobre los que se debió asentar las bases lógicas y experimentales para la planificación de las actividades, selección de los temas y metodología con la que se pretendía llevar a cabo el programa.

A continuación se señalarán algunos principios básicos, que según la literatura consultada se deben tener en cuenta para el desarrollo de un programa educativo de gestión ambiental, y la manera como se aplicaron en el programa de manejo integral de residuos sólidos

---

<sup>5</sup> ANDRÉ, Giordan y SOUCHON, Christian. La Educación Ambiental Guía Práctica. Colección Investigación y Enseñanza; Serie Fundamentos No. 5. Diada Editora S.L. Sevilla, España, 1995. p. 82.

implementado en las instituciones educativas del municipio de La Unión.

Al plantearse la planificación de un programa de educación y gestión ambiental, una reflexión se hace necesaria. El programa, cualquier programa concreto, no puede ser formulado en el vacío. Por el contrario, debe adaptarse a las condiciones ambientales del propio centro educativo y de la zona en que este se encuentre ubicado, al igual que se debe tener en cuenta las características propias del grupo de alumnos al que se dirige el programa.<sup>6</sup>

### **6.1.1 El centro educativo y su entorno**

El centro educativo y su entorno proveen de los recursos básicos sobre los cuales se debe construir el proceso pedagógico ambiental. El centro, en el que los alumnos desarrollan su educación activa es el primer “ambiente” que les rodea y que les condiciona, a la vez que es un mundo de objetos y valores sobre el que ellos mismos sienten que pueden influir con sus conductas.

De esta manera, como paso previo al diseño de programas, se debe detener a considerar al centro educativo como un “sistema” que tiene su propio circuito interior, que registra “entradas”, “procesos” y “salidas” de diversa índole, a la vez que mantiene una organización y equilibrio interno; y que está o debería estar abierto al exterior, interaccionando con los problemas e intereses de la sociedad que lo rodea.

De este modo, el centro se convierte no sólo en un recurso facilitador del aprendizaje, sino en un objetivo inmediato para la verificación de las conductas ambientales. Si los alumnos llegan a identificarse con el propio ambiente del aula y del centro educativo en general y, lo cuidan y mejoran, estarán desarrollando el hábito inicial de valorar su entorno. Experimentando que ellos mismos pueden plantar y cuidar los árboles del jardín, aprenderán a respetar cualquier árbol en el futuro; sintiendo que pueden elaborar alternativas para el ahorro energético del centro es como comprenderán que allí donde existe un colectivo humano, existe la posibilidad de abordar creativamente los problemas.

Cuando hayan llegado a implicarse con esa realidad inmediata que constituye “su ambiente”, es cuando podrán plantearse, de cara al exterior, la comprensión de problemas más amplios y la participación en cuestiones que desbordan el ámbito escolar.

---

<sup>6</sup> NOVO Villaverde, María. Educación Ambiental. Nuevas Ediciones. Santafé de Bogotá, 1991. p. 86.



En el desarrollo del programa de manejo integral de residuos sólidos se tuvo en cuenta, en primer lugar, el centro educativo, ya que este condiciona las actitudes y comportamientos de los estudiantes y es en éste donde se puede encontrar modelos aplicables a su realidad cotidiana y posibilidades de actuación.

Como el programa se implementó en dos instituciones educativas, el trabajo debió hacerse de manera diferente, y adaptarse a las condiciones del lugar y manera como se venía manejando la dimensión ambiental en cada institución.

En la institución educativa Juanambú, de formación académica, los estudiantes ya tenían claros muchos conceptos referentes al manejo adecuado de los residuos sólidos, por lo que el grado de conciencia, sensibilización y respeto por el ambiente era muy positivo, y estaban dispuestos a cambiar ciertos comportamientos, hábitos y actitudes para contribuir al mejoramiento de su entorno.

Por el contrario en la institución educativa Concentración de Desarrollo Rural, aunque es de formación agropecuaria, y en donde los alumnos manejan temas ambientales en todas las áreas del currículo educativo, el proceso de implementación del programa fue más difícil, y se debió trabajar más a fondo los temas referentes al manejo integral de residuos sólidos, debido a que no conocían muchos de los conceptos y procedimientos que se manejaron durante la capacitación, claro está que los estudiantes participaron con entusiasmo y colaboraron con todas las actividades que se desarrollaron.

En primer lugar el trabajo se enfocó en infundir a los estudiantes un comportamiento adecuado en su propio salón de clase y centro educativo, como se trataba de desarrollar un proceso integral de manejo de los residuos sólidos, lógicamente se debió empezar a cambiar ciertos conceptos errados que tenían los estudiantes como era el caso de considerar a los residuos sólidos como “basura” y que la sociedad consumista ha hecho creer a todos, ya que siempre se ha vendido la idea de que todos los elementos que prestan algún servicio, una vez han sido útiles, los empaques y demás, ya no son responsabilidad de quien los consume y que su eliminación, tratamiento o disposición final, solo es tarea de quien los recoge en cada una de las puertas de las casas y de las autoridades municipales, por lo que con la conceptualización del programa, se buscó cambiar esta forma de pensar de los alumnos e infundir progresivamente una cultura ambiental responsable que los llevara a acciones tales como: reducción, reutilización y reciclaje de los residuos sólidos. También se partió de hechos y situaciones sencillas, tales como que no se debía arrojar residuos sólidos al piso y que se debía mantener aseados los salones de clase para propiciar una armonía en el entorno y garantizar un ambiente agradable en el salón de clase y en la institución.

En segundo lugar, una vez estudiadas las posibilidades que el propio centro educativo

ofrece para el desarrollo práctico de un programa educativo ambiental, conviene hacer una prospección en el entorno inmediato al centro: el barrio, el pueblo, la ciudad. Allí es cuando se descubre que existen fábricas, aglomeraciones humanas, zonas de cultivos, actividades productoras de residuos sólidos etc., que pueden ser utilizados como recurso educativo y que pueden propiciar unos comportamientos positivos por parte de los alumnos. De este modo, al conectar el centro educativo con su entorno, se está desarrollando un verdadero sistema “abierto”, en el que las relaciones entre este y la comunidad se hacen presentes a través de la participación ciudadana eficaz de los alumnos (siempre de acuerdo con su edad y nivel de maduración) y en el que estos últimos experimentan la posibilidad de la toma de decisiones sobre situaciones reales (no hipotéticas, como las que tantas veces se plantea en el aula), con toda la dificultad pero también con toda la riqueza que ello supone.

Con base en los argumentos de la literatura consultada, el programa de manejo integral de residuos sólidos se extendió a nivel de todo el centro educativo, en los dos colegios se logró hacer diversas actividades de sensibilización que permitieron a los estudiantes difundir lo que habían aprendido en clase, para ello se realizó una campaña educativa en las dos instituciones educativas, en donde los alumnos del grado décimo dieron a conocer a todos sus compañeros los objetivos del programa y la forma como ellos podían contribuir para su desarrollo, de esta manera se enseñó a los alumnos la importancia de la cultura de la reducción, reutilización y reciclaje de los residuos sólidos y para ello se adecuaron canecas para los diferentes tipos de residuos como papel, plástico, metal, vidrio y residuos orgánicos para que los alumnos realizaran el ejercicio de reciclaje dentro de la institución. Así mismo los estudiantes del grado décimo elaboraron carteles y afiches que se colocaron en las dos instituciones educativas y que sirvieron para difundir la campaña educativa y recordar a todos la importancia del reciclaje.

### **6.1.2 El grupo humano al cual se dirigió el programa**

Una vez considerado el parámetro “ambiente”, conviene tener en cuenta, como paso previo a la elaboración del programa educativo ambiental, las características del grupo humano con el que se va a trabajar, con el fin de adecuar la formulación de los objetivos didácticos a las peculiaridades de sus receptores. En definitiva, se trata de trabajar entonces sobre el desarrollo de dos perfiles básicos: el perfil ambiental del centro y el perfil socioevolutivo del grupo.

Las actividades desarrolladas en el programa se realizaron teniendo en cuenta las características propias de cada grupo de estudiantes de las dos instituciones, debido a que el entorno en el que se desenvolvían era diferente, por lo tanto la forma de ver e interpretar el medio y la problemática ambiental variaba de un grupo a otro.

Debido a que la institución educativa Concentración de Desarrollo Rural se encuentra ubicada en las afueras del municipio, los estudiantes que la conforman son en su mayoría de la zona rural, por lo tanto no conocían de cerca la problemática que actualmente afronta el municipio con respecto al manejo de los residuos sólidos, debido a que el manejo que le dan a estos en sus hogares, en la mayoría de los casos, es la incineración, por lo que se debió discutir en clase las ventajas y desventajas de este proceso, e involucrar a los alumnos en la identificación de los problemas asociados a la producción de los residuos sólidos, así como también en el análisis y búsqueda de soluciones a dichos problemas, y la forma como cada uno de ellos podía contribuir al mejoramiento de su entorno.

Por el contrario, la institución educativa Juanambú se encuentra ubicada en la zona urbana, y los estudiantes conocían más de cerca la problemática ambiental generada por la producción de residuos sólidos municipales, con ellos el proceso se dio de forma más activa y dinámica, ya que el grado de colaboración fue mayor tanto por parte de los estudiantes como los docentes de la institución, y se logró formar un equipo de trabajo con el propósito de discutir diferentes temas referentes al manejo de los residuos sólidos en el municipio y plantear las posibles soluciones.

## **6.2 METODOLOGÍA DEL PROGRAMA**

Según diferentes autores consultados para la elaboración de programas educativos ambientales la metodología debe planearse de tal manera que involucre diversas disciplinas, una planificación interdisciplinar supone que el proceso educativo debe ser contemplado como un todo en el que los aprendizajes no deben aparecer compartimentados, sino que atendiendo a la resolución de problemas ambientales, las distintas materias deben ser presentadas y utilizadas como instrumentos o enfoques que contribuyan a la búsqueda de soluciones y alternativas.

Para que con un programa educativo ambiental se logren buenos resultados, es muy importante que se desarrolle o traslade a todo el currículo académico. La interdisciplinariedad en educación ambiental no es ni una finalidad ni una meta en sí misma, sino una estrategia que busca una mayor eficacia en la enseñanza. Sobre todo es un medio para permitir al estudiante situarse mejor en relación a los problemas ambientales, que no pueden ser acogidos por una sola materia, de esta manera el alumno adquiere más fácilmente las actitudes, procedimientos y conceptos necesarios. Por lo tanto se necesita la cooperación de toda la comunidad educativa para que los objetivos del programa se tengan en cuenta en las diferentes áreas educativas.

En este caso en particular, los alumnos de la institución educativa Juanambú ya manejaban temas ambientales en las diferentes áreas del currículo académico, debido a que los

docentes estaban realizando una carrera técnica de manejo integral de residuos sólidos, bajo la orientación del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). En las diferentes áreas se trataban temas referentes al manejo de los residuos sólidos y se realizaban actividades tales como la elaboración de material didáctico con productos reciclados, como era el caso del “kit sabasco”, un instrumento didáctico muy práctico y creativo que contenía todos los elementos reciclables, con su respectiva clasificación y convenciones, que elaboraron los alumnos del grado décimo y que sirvió para el desarrollo de la campaña educativa que se llevó a cabo en el municipio.

En la institución educativa Concentración de Desarrollo Rural, en las diferentes áreas del currículo académico se manejan temas de carácter ambiental, por lo tanto la inclusión del programa de manejo integral de residuos sólidos, se hizo específicamente en las áreas que tenían que ver con prácticas agroecológicas, el trabajo se enfatizó en enseñar a los estudiantes las alternativas de tratamiento de residuos sólidos y la importancia de la utilización de abonos orgánicos en la agricultura para contribuir a la preservación del medio y obtener productos más saludables y nutritivos.

En cuanto a los métodos a tenerse en cuenta en este tipo de programas, en primer lugar un planteamiento metodológico de carácter ambiental debe cuidar un aspecto muy importante: la motivación. Verdaderamente el alumno incorpora con mayor interés los conocimientos y habilidades cuando le son necesarios para resolver un problema o satisfacer una necesidad.

Por otra parte es evidente, que se requiere la utilización de “métodos activos” basados no solo en la transmisión de la información, sino que la mayoría de las veces se sepa que sucede con esa información en la mente de los alumnos, y cómo queda estructurada, sino que por el contrario debe estar acompañada de la experimentación e investigación del estudiante, que permita a este ir desarrollando, progresivamente, niveles de conceptualización y conducta, sobre la temática ambiental, adaptados a su edad y capacidades.

Como todo proceso educativo la efectividad de un método depende de la forma de presentación del tema, la seguridad de quien lo dirige, el conocimiento del mismo, las tendencias del alumno y su disposición por ciertas materias o formas de enseñar. No todos los estudiantes tienen las mismas aptitudes, ni tienen las mismas capacidades; por lo que se debe tener en cuenta estas condiciones para asegurar que el proceso de formación sea el adecuado.

En la capacitación realizada en ambas instituciones educativas se buscó principalmente motivar y despertar el interés de los alumnos para que hicieran parte activa del programa, y de esta manera lograr la incursión de los alumnos en la búsqueda de soluciones a los problemas ambientales de su propio entorno, para esto el trabajo en clase se desarrolló a

través de talleres de participación grupal, en los cuáles se plantearon interrogantes, para que los estudiantes expusieran su punto de vista con respecto a los problemas ambientales de su entorno generados por la producción de residuos sólidos y posteriormente se discutían con toda la clase para unificar los diferentes criterios y sacar conclusiones entre todos.

La exposición de los temas se llevó a cabo con material didáctico que se logró conseguir y que hacían referencia a los temas tratados, como videos, documentos, revistas y carteleras elaborados para la ocasión, esto con el propósito de que las clases fueran llamativas y lograr despertar el interés de los estudiantes hacia los temas de carácter ambiental.

Con frecuencia, en este tipo de programas en el afán de dar respuesta a los interrogantes del alumno, se ahoga en cierta manera su capacidad para experimentar e investigar. Se debe tener en cuenta que no se trata de enseñar ciencia, lo que se debe hacer es tratar de despertar a los estudiantes a una actitud científica, enseñarles a aprender a través de la experiencia. Se debe evitar, ante todo, proponer estructuras acabadas y ayudar a los alumnos a organizar su propio conocimiento.

En un programa de educación ambiental se debe desarrollar la enseñanza sobre procesos y no sobre cosas aisladas, debido a que el objeto no existe jamás solo y en sí mismo; es siempre un componente de un proceso en el que confluyen su propia dinámica individual y el encuentro en el tiempo y en el espacio con otros elementos y procesos con los que interactúa. De este modo, el alumno puede comprender mejor la necesidad de que las explicaciones históricas se complementan con las científicas, y estas con las lingüísticas, etc.

En este caso la parte de experimentación se logró hacer a través del montaje de las unidades de compostaje y lombricultura en la granja de la institución educativa Concentración de Desarrollo Rural, con esta actividad los estudiantes, pusieron en práctica lo que se planteó en clase, acerca de el tratamiento que se le podía dar a los residuos sólidos orgánicos y los beneficios que se conseguían con la obtención de estos productos, de esta manera se logró despertar el interés en los alumnos hacia la investigación, y conocer de cerca el proceso bioquímico que rige la producción de abono orgánico a través del compostaje y la lombricultura.

Debido a que la institución educativa Juanambú no contaba con espacios para el montaje de unidades de tratamiento de residuos sólidos orgánicos, el trabajo de experimentación únicamente se realizó con los estudiantes de la institución educativa Concentración de Desarrollo Rural, aunque se hicieron visitas con los alumnos de la institución educativa Juanambú a la granja para que conocieran el proceso de compostaje y lombricultura, tanto en las etapas del montaje como de funcionamiento.

De esta experiencia resultaron situaciones muy positivas, debido a que los estudiantes estaban muy motivados para implementar en el patio de su casa y finca estos procesos de tratamiento de residuos sólidos orgánicos y contribuir de esta manera con la preservación de su ambiente.

Otra cuestión importante a considerar es que el estudiante no llega al centro escolar vacío de cultura, su familia y su entorno social, le aportan una enorme cantidad de recursos que no se pueden ignorar. La metodología de un programa ambiental debe encaminarse, por tanto a orientar, ordenar y estructurar este saber disperso que el estudiante posee, ampliando el campo de sus inquietudes y sus conocimientos a través de la experiencia educativa del entorno.

Del mismo modo, el trabajo en equipo se convierte en una necesidad para este tipo de programas, en primer lugar, trabajo en equipo por parte de los docentes que laboran en el centro educativo, como condición necesaria para el desarrollo de una visión interdisciplinar de los temas y para que los alumnos capten la coherencia de la acción educativa.

En segundo lugar, es conveniente la constitución de grupos de alumnos para la realización de tareas, para la discusión de opiniones, y para que se produzca, en definitiva la experiencia directa de la interacción con los otros, al tiempo que se plantea el conocimiento de conceptos y la adopción de conductas vinculadas a la problemática ambiental.

### **6.3 CONTENIDO DEL PROGRAMA**

Un programa educativo ambiental debe establecer unos conceptos básicos a modo de pilares sobre los cuales se debe sustentar todo el proceso de información, de modo que sirvan como referentes en diversos momentos del desarrollo del programa y desde distintas áreas del conocimiento.

La formulación de los contenidos, en un programa ambiental debe hacerse de tal modo que se consiga hacer girar éste en torno al problema ambiental que se está tratando y que permita analizar los problemas concretos del medio que rodea a los estudiantes.

Las actividades deben programarse de tal manera que susciten situaciones de cooperación y trabajo en grupo. Del mismo modo, como el programa debe basarse en una metodología activa, las actividades deben diseñarse con base en las sugerencias aportadas por los propios estudiantes y no en la simple observación que experimenta quien dirige el programa y debe desarrollarse, siempre que sea posible, moviéndose en el propio mundo

real.

Los contenidos de un programa de educación y gestión ambiental no deben limitarse a difundir conocimientos, debe ayudar a quienes se dirige el programa a dudar de las ideas “falsas” y de los comportamientos inadecuados en relación con el ambiente; en primer lugar debe preparar a los jóvenes para que adquieran nuevos procedimientos de investigación y, a continuación, armarlos tan específicamente, como sea posible, frente a problemas reales, siempre para buscar soluciones para estos problemas reales.

El planteamiento de los temas en el programa de manejo integral de residuos sólidos se hizo de forma secuencial de tal manera que los estudiantes tuvieron que pasar por una serie de fases de análisis del problema tratado en el programa. De forma esquemática se podrían clasificar de la siguiente forma: identificación de los problemas generados por la producción de residuos sólidos en el municipio de La Unión, análisis y jerarquización de las causas de los problemas generados por el manejo inadecuado de los residuos sólidos municipales, planteamiento de alternativas de solución para los problemas generados por la producción de residuos sólidos y finalmente la formulación de actuaciones y aplicación o puesta en marcha de los planteamientos que contribuyan al mejoramiento del entorno.

Así mismo se trataron diversos temas que tenían que ver con la gestión integral de residuos sólidos con el propósito de ampliar los conocimientos de los jóvenes, para esto se tuvieron en cuenta las sugerencias de los alumnos, que muchas veces proponían los temas que querían que se trataran en clase.

De esta manera los temas tratados durante el programa de manejo integral de residuos sólidos fueron los siguientes:

- Análisis de los problemas ambientales generados por la producción y manejo inadecuado de los residuos sólidos municipales.
- Evolución, desarrollo y elementos funcionales de la gestión integral de residuos sólidos.
- Orígenes, tipos y composición de los residuos sólidos municipales.
- Valorización de los residuos sólidos a través de actividades tales como: separación

en la fuente, reducción, reutilización, recuperación y reciclaje.

- Cuantificación y caracterización mediante las normas RAS de los residuos sólidos generados en las instituciones educativas del municipio de La Unión.
- Análisis del funcionamiento de las alternativas de tratamiento de los residuos sólidos orgánicos, compostaje y lombricultura.
- Implementación y monitoreo de las unidades de tratamiento de los residuos sólidos orgánicos, compostaje y lombricultura.

### **6.3.1 Fases en la realización de las actividades del programa**

Los temas desarrollados durante el trabajo se seleccionaron de tal forma que lograran involucrar a los estudiantes en el proceso de conceptualización e implicarlos en la problemática ambiental tratada, de manera gradual, para que por si mismos y a través de la observación, documentación y experimentación, finalmente se diera la puesta en marcha de nuevas actitudes y comportamientos adecuados en el entorno en que cada uno se desenvolvía para finalmente realizar la comunicación de lo descubierto en clase a toda la comunidad.

A continuación se mencionan cada una de las fases que se consideraron para el planteamiento y desarrollo de los temas durante el proceso de capacitación realizado como parte del programa de manejo integral de residuos sólidos<sup>7</sup>.

- Observación: En un principio, la observación es espontánea, libre o divergente. Se hace científica a partir del momento en que se vuelve investigativa y culmina con la interpretación de lo conocido por el estudiante.
- Documentación: A través de actividades documentales, el alumno puede ampliar la información sobre los datos observados.
- Experimentación: la observación científica debe complementarse con la

---

<sup>7</sup> Ibid., p. 24.



experimentación, que supone el desarrollo de actividades de comprobación de hipótesis y verificación de resultados, para llegar a la explicación de un fenómeno ambiental.

En esta fase se logró integrar el conocimiento con la puesta en marcha de actividades concretas de manejo y aprovechamiento de los residuos sólidos en la aplicación de técnicas de compostaje y lombricultura.

- Comunicación: La observación, completada ya por un aporte documental y por los resultados de la experimentación, concluye en unos resultados que, para alcanzar todo su valor didáctico deben ser comunicados y compartidos.

La Comunicación, en primer lugar, debe hacerse con el grupo de alumnos de clase; en segunda instancia la comunicación se hace con la comunidad. Ello supone la necesidad de que los alumnos creen algún tipo de mensajes capaces de llegar a ese colectivo más amplio que es la familia y la sociedad. De este modo, se ponen en práctica aptitudes expresivas de todo tipo y se desarrollan aptitudes de cooperación cívica muy interesantes.

La comunicación se dio en primera instancia en el momento en que se mostró a los alumnos de la institución educativa Juanambú los resultados de la implementación de las técnicas de compostaje y lombricultura en la granja de la institución educativa Concentración de Desarrollo Rural, de esta manera los propios estudiantes enseñaron a sus compañeros el funcionamiento de las unidades de tratamiento de los residuos sólidos, y se logró difundir lo aprendido durante la experimentación en la producción de abono orgánico.

En segunda instancia el proceso de comunicación se dio en el momento en que se realizó la campaña educativa en el municipio, ya que los estudiantes de la institución educativa Juanambú dieron a conocer a la comunidad de La Unión lo que habían aprendido durante la capacitación, acerca de la importancia de implementar en cada una de sus actividades diarias una cultura ambiental de reutilización, reducción y reciclaje de los residuos sólidos que contribuyera a la conservación del medio y por lo tanto al mejoramiento de su calidad de vida

Además de los componentes señalados anteriormente, todas las actividades deben traducirse en una clarificación de valores que ponga en juego la capacidad de los estudiantes para proponer alternativas a las cuestiones abordadas, valorarlas, optar sobre ellas e implicarse en alguna realización concreta. Es decir las actividades no

concluyen cuando la fase de comprensión de los temas ha sido cubierta, sino cuando se alcanzan verdaderas conductas ambientales.

## **7. DESARROLLO DE LA SEGUNDA FASE DEL PROGRAMA DE MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS**

Con el propósito de demostrar con hechos concretos y prácticos que lograran despertar una actitud científica en los estudiantes y que permitiera involucrarlos de una manera más experimental en la resolución de los problemas generados por la producción de los residuos sólidos, se realizó la cuantificación y caracterización de los residuos sólidos generados en las instituciones educativas, y posteriormente con los residuos sólidos orgánicos generados en la granja de la institución educativa Concentración de Desarrollo Rural se implementaron las unidades de tratamiento, compostaje y lombricultura para obtener finalmente abono orgánico para ser utilizado en las actividades productivas de la granja, para que de esta manera los estudiantes comprobaran los beneficios que trae el manejo integral de los residuos sólidos.

### **7.1 CUANTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS**

#### **7.1.1 Cuantificación y caracterización de los residuos sólidos generados en la Institución Educativa Juanambú**

La institución educativa Juanambú tiene un total de 736 alumnos, de los cuales 136 pertenecen al grado décimo y con los cuales se desarrolló específicamente el programa de manejo integral de los residuos sólidos, el total de personas productoras de residuos sólidos dentro de la institución incluyendo a docentes y personal administrativo es 767 personas.

El almacenamiento de los residuos sólidos para posteriormente realizar la cuantificación y caracterización de los mismos se realizó durante un periodo de tiempo de cinco días, durante los cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

- Cuantificación:

Para calcular la producción per cápita institucional se utilizó la ecuación 1:

$$PPC = \frac{RST}{No.per * 5 dias}, \text{ Ecuación 1}$$

Donde,

*RST*: Producción total de residuos sólidos generados durante cinco días.

*No Per*: Número de Personas de la institución educativa.

De esta manera:

$$PPC = \frac{300Kg}{767Per * 5dias} = 0,078 Kg /Per x día.$$

Por lo tanto la producción per cápita mensual es aproximadamente 2,35 Kg /Per x mes.

- Caracterización:

Para realizar la caracterización de los residuos sólidos según la composición física se tuvo en cuenta lo establecido en la Norma RAS 2000, que se presenta a continuación:

**Tabla 3. Esquema de clasificación de los residuos sólidos según la composición física**

<b>CLASIFICACIÓN SEGÚN LA COMPOSICIÓN FÍSICA</b>
Residuos de comida y jardín
Productos de papel
Productos de cartón
Plástico
Caucho y cuero
Textiles
Madera
Productos metálicos
Vidrio
Productos cerámicos
Ceniza, rocas y escombros
Huesos y Otros

Fuente: Norma RAS 2000, Sección II, Título F.

La caracterización de los residuos sólidos generados en la Institución Educativa Juanambú se resume en el siguiente cuadro:

**Tabla 4. Caracterización de los residuos sólidos de la Institución Educativa Juanambú**

<b>TIPO DE RESIDUO SÓLIDO</b>	<b>PESO (kg)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
Desecho de alimentos	10	3,33
Papel	100	33,33
Cartón	25	8,33
Plástico	110	36,67
Caucho y Cuero	0	0,00
Vidrio	45	15,0
Textil	0	0,00
Madera	0	0,00
Producto metálico	10	3,3
Cerámica, Escombros y Roca	0	0,00
Huesos	0	0,00
Otros	0	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>300</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Datos Propios.

#### **7.1.2 Cuantificación y caracterización de los residuos sólidos generados en la institución educativa Concentración de Desarrollo Rural.**

La institución educativa Concentración de Desarrollo Rural tiene un total de 360 estudiantes, de los cuales 40 pertenecen al grado décimo, en total el número de personas productoras de residuos sólidos en esta institución es de 377.

Para la cuantificación y caracterización de los residuos sólidos producidos en esta institución se siguió el mismo procedimiento que la institución educativa Juanambú, y el tiempo de almacenamiento de los residuos también se hizo durante los cinco días de actividad escolar, donde se obtuvieron los resultados que se muestran a continuación:

- Cuantificación:

El cálculo de la producción per cápita de la institución se realizó de la siguiente manera:

$$PPC = \frac{135Kg}{377Per * 5días} = 0,072 Kg /Per x día.$$

Por lo tanto la producción per cápita mensual es aproximadamente 2,14 Kg /Per x mes.

- Caracterización:

La caracterización de los residuos sólidos generados en la Institución Educativa Concentración de Desarrollo Rural se resume en el siguiente cuadro.

**Tabla 5. Caracterización de los residuos sólido de la institución educativa Concentración de Desarrollo Rural**

<b>TIPO DE RESIDUO SÓLIDO</b>	<b>PESO (kg)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
Desechos de alimentos	6	4,44
Papel	39	28,89
Cartón	10	7,41
Plástico	52	38,52
Caucho y Cuero	0,00	0,00
Vidrio	22	16,30
Textil	0,00	0,00
Madera	0,00	0,00
Producto metálico	6	4,44
Cerámica, Escombro y Roca	0,00	0,00
Huesos	0,00	0,00
Otros	0,00	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>135</b>	<b>100,00</b>

Fuente: datos propios

La cuantificación y caracterización de los residuos sólidos en las instituciones educativas se desarrolló con el fin de que los estudiantes realizaran la separación de los residuos de acuerdo a su composición física, y conocieran el procedimiento para determinar la producción de residuos sólidos en una determinada vivienda o institución.

De acuerdo a los datos obtenidos se puede observar que los patrones de producción de residuos sólidos en las dos instituciones educativas son semejantes, debido a que las características de la población son similares. La producción de residuos sólidos inorgánicos es mayor que la producción de residuos orgánicos, los porcentajes de residuos de papel y plásticos son en mayor proporción, debido a que son productos derivados de las actividades escolares y empaques de alimentos; principalmente envolturas y botellas de plástico.

### **7.1.3 Caracterización de los residuos sólidos orgánicos generados en la granja de la institución educativa Concentración de Desarrollo Rural.**

La granja “Manuel Mejía”, propiedad de la institución educativa Concentración de Desarrollo Rural se encuentra ubicada en la zona rural del municipio de La Unión y a unos cuantos metros de la institución educativa. El sitio de ubicación presenta las siguientes características:

- Temperatura ambiental promedio: 16 °C.
- Altura: 1850 m.s.n.m.
- Extensión de la granja: 15 Hectáreas.

La producción agropecuaria de la granja se deriva principalmente de actividades como: el cultivo de café, flores y plantas aromáticas, y de actividades pecuarias tales como: ganadería, apicultura, y cría de especies como: cuyes, conejos y cerdos.

La producción de residuos sólidos orgánicos de la granja consta principalmente de pulpa de café y estiércol de cerdos, cuyes y conejos.

La caracterización de los residuos sólidos se realizó con la colaboración tanto de los estudiantes de la institución, como de los operarios que laboran en la granja.

A continuación se resume los datos de la cantidad de residuos producidos durante un periodo de almacenamiento de 6 días.

**Tabla 6. Caracterización de los residuos sólidos orgánicos de la granja CDR**

<b>TIPO DE RESIDUO</b>	<b>NUMERO DE ANIMALES</b>	<b>CANTIDAD PRODUCIDA (kg)</b>
Estiércol de cerdo	6	10
Estiércol de cuy	32	45
Estiércol de conejo	29	36
<b>TOTAL</b>	<b>67</b>	<b>91</b>

Fuente: datos propios

En la granja alrededor de 3 hectáreas se encuentran cultivadas de café, con un total de 12.000 árboles sembrados, que producen 6000 kilos de café pergamino seco, y esto a su vez produce un valor aproximado de 24.000 kg de pulpa de café o materia orgánica húmeda<sup>8</sup>.

La pulpa de café es producida únicamente una vez al año durante el periodo de cosecha, posteriormente es almacenada en un sitio dispuesto dentro de la granja en donde no se le hace ningún tipo de tratamiento, una proporción muy baja es destinada para la elaboración de lombricompost a cargo de los técnicos que laboran en la granja, pero al carecer de un control de diferentes parámetros como temperatura, humedad, pH, entre otros, la descomposición de la materia orgánica es lenta y el abono obtenido es de muy baja calidad.

Durante la inspección de los cultivos de lombrices se pudo observar que no cuentan con las condiciones necesarias para su crecimiento y reproducción al estar expuestas directamente a la luz solar y porque no se controla la acidez de los productos orgánicos que sirven como alimento de las lombrices, factor determinante para la supervivencia y desarrollo de las mismas.

Con el programa de manejo integral de residuos sólidos implementado en la institución educativa se formó principalmente a los alumnos para que se sensibilizaran frente a los procesos de aprendizaje que se llevaban a cabo dentro de su institución, específicamente en el manejo de los residuos sólidos de la granja y para que de esta manera el control de las unidades de tratamiento de residuos, no sólo se dejara a cargo de los operarios de la granja, sino que por el contrario los estudiantes hicieran parte activa del proceso, y de este modo corregir las fallas que se observaron en las unidades de lombricultura implementadas tiempo atrás en la granja.

---

<sup>8</sup> FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Cartilla Cafetera. Tomo II. Centro Nacional de Investigaciones de Café. Bogotá. 2004. p. 34.

Para la elaboración de las unidades de compostaje y lombricultura se emplearon técnicas consultadas a diferentes autores y se implementaron las que se adaptaban al lugar, a las condiciones ambientales y al tipo de materia orgánica que se producía en la granja.

Básicamente para la elaboración del abono orgánico se utilizó pulpa de café en mayor proporción seguida de estiércol de conejos y de cuyes, no se utilizó el estiércol de cerdo debido a que estos residuos eran directamente utilizados para la elaboración de lombricompost en las unidades implementadas antes de la realización del proyecto.

## **7.2 ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS:**

Antes de conocer el procedimiento y la técnicas implementadas en la granja de la institución educativa Concentración de Desarrollo Rural, para la construcción de las unidades de tratamiento de los residuos sólidos orgánicos, compostaje y lombricultura, es fundamental conocer más a fondo el funcionamiento de estos procesos bioquímicos, los parámetros que determinan su funcionamiento y los beneficios que trae para la agricultura y el ambiente, la utilización de abonos orgánicos.

### **7.2.1 Generalidades del proceso de compostaje<sup>9</sup>**

El compostaje de residuos sólidos orgánicos es una técnica que permite la reducción de los mismos y la obtención de un valioso producto, el compost, que actúa aportando nutrientes directamente asimilables por las plantas y mejorando las condiciones del suelo, al aportar humus y materia orgánica que será mineralizada. El compost o mantillo se puede definir como el resultado de un proceso de humificación de la materia orgánica bajo condiciones controladas y en ausencia de suelo.

Los principales organismos implicados en las transformaciones biológicas de residuos orgánicos son bacterias, hongos, levaduras y actinomicetos. Estas transformaciones pueden realizarse aeróbica o anaeróbicamente, según la disponibilidad de oxígeno del sistema. Las principales diferencias entre las reacciones de conversión aerobia y anaerobia están en la naturaleza de los productos finales, y en el hecho de que sea necesario suministrar oxígeno para realizar la conversión aerobia.

---

<sup>9</sup> TCHOBANOGLOUS, p. 16.



La extensión y el periodo de tiempo necesario para que se produzca la descomposición dependerán de la naturaleza del residuo, del contenido de humedad, de los nutrientes disponibles, y de otros factores ambientales. Bajo condiciones controladas, los residuos de jardín y la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos se pueden convertir en compost, en un periodo de tiempo razonablemente corto (cuatro a seis semanas).

El compostaje de la fracción orgánica de los residuos sólidos en condiciones aerobias se puede representar por la siguiente ecuación:

Materia orgánica + Oxígeno+ Nutrientes →

Nuevas Células + Materia Orgánica Resistente + CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O + NH<sub>3</sub> + SO<sub>4</sub> + Calor

La materia orgánica esta compuesta por proteínas, aminoácidos, lípidos, Carbohidratos, celulosa y lignina.

Según la ecuación anterior los principales productos derivados del proceso de compostaje son: nuevas células, materia orgánica resistente, dióxido de carbono, agua, amoníaco y sulfatos. El compost es la materia orgánica resistente que permanece. La materia orgánica resistente normalmente contiene un alto porcentaje de lignina, que es difícil de convertir biológicamente en un período de tiempo relativamente corto.

- **Propiedades del compost:**

- Mejora las propiedades físicas del suelo. La materia orgánica favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad. Por lo tanto se obtienen suelos más esponjosos y con mayor capacidad de retención de agua.
- Mejora las propiedades químicas del suelo. Aumenta el contenido en macronutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) y micronutrientes (hierro y azufre) del suelo, aumenta la capacidad del intercambio catiónico (C.I.C) y es fuente y almacén de nutrientes para los cultivos.
- Mejora la actividad biológica del suelo, actúa como soporte y alimento de los microorganismos, ya que estos viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización. La población microbiana es un indicador de fertilidad del suelo.

- **Materias primas utilizadas para la elaboración del compost:**

Para la elaboración del compost se puede emplear cualquier materia orgánica, con la condición de que no se encuentre contaminada. Generalmente estas materias primas proceden de:

- Restos de cosechas: pueden emplearse para hacer compost o como acolchado. Los restos vegetales como hojas, frutos, tubérculos, etc., son ricos en nitrógeno y pobres en carbono; por el contrario, los restos vegetales más adultos como troncos, ramas, tallos, etc., son ricos en carbono, pero pobres en nitrógeno.
- Hojas: pueden tardar de seis meses a dos años en descomponerse, por lo que se recomienda mezclarlas en pequeñas cantidades con otros materiales.
- Restos urbanos: se refiere a todos aquellos restos orgánicos procedentes de las cocinas como pueden ser: restos de frutas y hortalizas, restos de animales de mataderos, entre otros.
- Estiércol animal: destaca el estiércol de vaca, aunque otros de gran interés son la gallinaza, estiércol de conejo, de caballo y oveja.
- Complementos minerales: son necesarios para corregir las carencias nutricionales de ciertos suelos. Destacan las enmiendas calizas y magnésicas, los fosfatos naturales, las rocas ricas en potasio y oligoelementos y las rocas silíceas trituradas en polvo.
- Plantas marinas: anualmente se recogen en las playas grandes cantidades de fanerógamas marinas, tales como Posidonia oceánica, que pueden emplearse como materia prima para la elaboración de compost, ya que son compuestos ricos en nitrógeno, fósforo, carbono, oligoelementos y biocompuestos cuyo aprovechamiento en agricultura como fertilizante verde puede ser de gran interés.
- Algas: también pueden emplearse numerosas especies de algas marinas, ricas en agentes antibacterianos y antifúngicos, y fertilizantes para la fabricación de compost.

- **Factores que determinan el proceso de compostaje:**

El proceso de compostaje se basa en la actividad de microorganismos que viven en el entorno, ya que son los responsables de la descomposición de la materia orgánica. Para que estos microorganismos puedan vivir y desarrollar la actividad de descomposición se necesitan unas condiciones óptimas de temperatura, humedad y oxigenación.

Son muchos y muy complejos los factores que intervienen en el proceso biológico del compostaje, estando a su vez influenciados por las condiciones ambientales, tipo de residuo a tratar y el tipo de técnica de compostaje empleada, los factores más importantes son:

- **Temperatura:** se consideran óptimas las temperaturas del intervalo 35–55 °C para conseguir la eliminación de patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas. Con los niveles de humedad y aireación adecuados, y si el volumen de restos es suficientemente grande comenzará una elevación de temperaturas al cabo de algunos días. Esta variación de temperaturas también dependerá de la temperatura ambiente y de la forma del compostaje. Las temperaturas del compostaje pueden elevarse hasta los 70 °C aunque no es recomendable pues superando los 65 °C comienzan a morir gran cantidad de bacterias y microorganismos beneficiosos para el proceso. En cada rango de temperatura intervienen diferentes poblaciones microbianas y son muy pocas las que intervienen en casi todas ellas.
- **Humedad:** En el proceso de compostaje es importante que la humedad alcance unos niveles óptimos del 40–60 %. Si el contenido en humedad es mayor, el agua ocupará todos los poros y por lo tanto el proceso se volverá anaeróbico, es decir se producirá una putrefacción de la materia orgánica. Si la humedad es excesivamente baja se disminuye la actividad de los microorganismos y el proceso es más lento. El contenido de la humedad depende de las materias primas empleadas. Hay que tener en cuenta que cada material que forma parte del compost tiene un grado de humedad inicial diferente y que según se vaya descomponiendo también se irá homogeneizando. Para materiales fibrosos o residuos forestales gruesos la humedad máxima permisible es del 75–85 %, mientras que para material vegetal fresco oscila entre 50–60 %.
- **pH:** La expresión numérica del pH del agua pura es de 7 en una escala de 0 a 14; por encima de esta cifra se consideran soluciones alcalinas o básicas y por debajo soluciones ácidas. Elementos ácidos en el compostaje son las hojas de arbustos de tierras ácidas, las agujas de pino, las cortezas de cítricos; ante estos restos las bacterias y lombrices apenas actúan y son los hongos los que más intervienen. El

pH influye en el proceso debido a su acción sobre los microorganismos. En general los hongos toleran un margen de pH entre 5–8, mientras que las bacterias tienen menor capacidad de tolerancia, con un pH entre 6–7,5.

- **Oxígeno:** El compostaje es un proceso aeróbico, por lo que la presencia de oxígeno es esencial. La concentración de oxígeno dependerá del tipo de material, textura, humedad, frecuencia de volteo y de la presencia o ausencia de aireación forzada. Una aireación excesiva desecará los restos y una insuficiente producirá putrefacción y elementos tóxicos, lixiviados y malos olores. La cantidad de oxígeno también varía en función de los materiales a compostar y del momento de la descomposición. En el momento inicial es conveniente mantener espacios aireados en relación con el volumen de entre el 50 y el 60 %. Con la descomposición esta relación irá disminuyendo hasta relaciones menores del 10 % de aire en el volumen.
- **Relación Carbono/Nitrógeno equilibrada (C/N):** El carbono y el nitrógeno son los dos constituyentes básicos de la materia orgánica. Por ello para obtener un compost de buena calidad es importante que exista una relación equilibrada entre ambos elementos. Teóricamente una relación C/N de 25/1 ó 35/1 es la adecuada, pero esta variará en función de las materias primas que conforman el compost. Si la relación C/N es muy elevada, disminuye la actividad biológica. Una relación C/N muy baja no afecta al proceso de compostaje, debido a que se pierde el exceso de nitrógeno en forma de amoníaco.

Es importante que el compost contenga una considerable cantidad de materiales con alto contenido en celulosa y lignina (paja, ramas y hojas), pues aunque su descomposición es más lenta también son buenos precursores del humus.

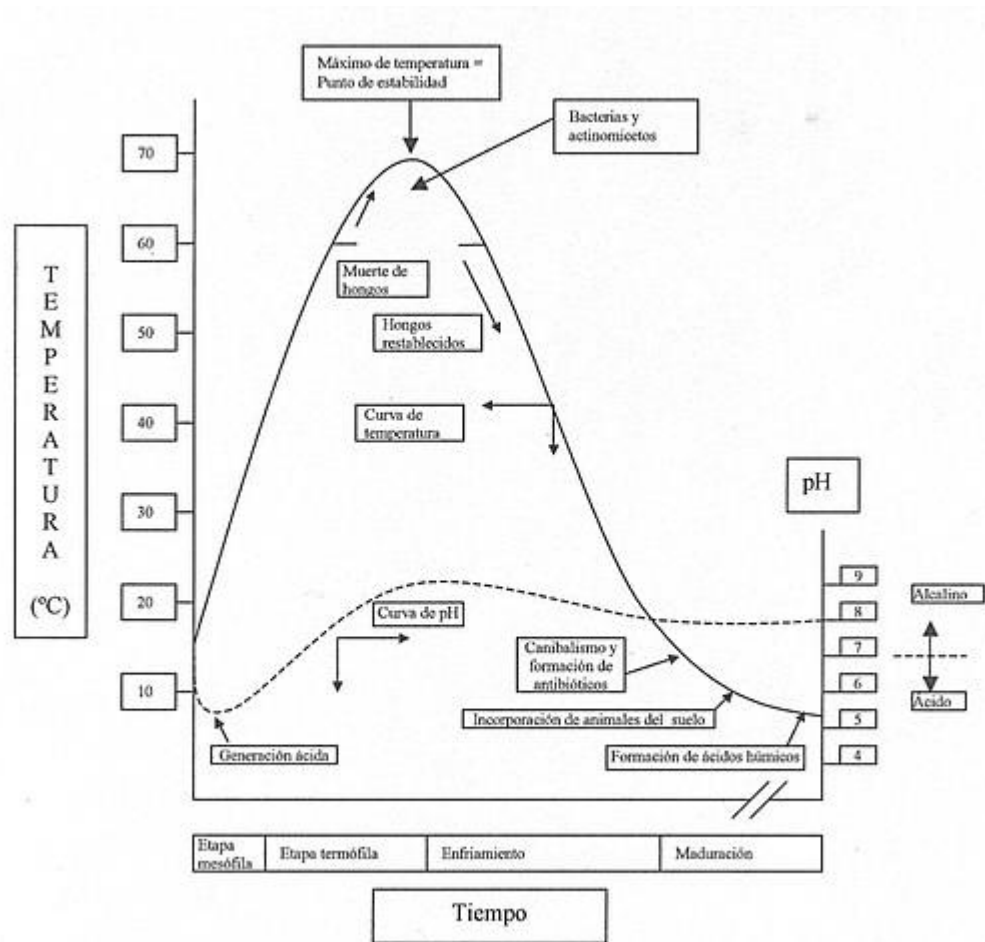
- **Población microbiana:** El compostaje es un proceso dinámico debido a las actividades combinadas de una amplia gama de poblaciones de bacterias hongos y actinomicetos, ligados a una sucesión de ambientes. A lo largo del proceso van apareciendo formas resistentes de los microorganismos cuando las condiciones de temperatura hacen imposible su actividad. Diferentes especies de microorganismos pueden sucederse o coincidir en el tiempo, su procedencia puede ser a través de la atmósfera, del agua, del suelo o de los mismos residuos. Una población empieza a aparecer mientras otras están en su máximo o ya están desapareciendo, complementándose las actividades de los diversos grupos. Las bacterias se encuentran distribuidas por toda la pila, mientras que los hongos y actinomicetos están situados de 5–15 cm de la superficie, dándole un aspecto grisáceo característico al compost.

- **Periodos del proceso de compostaje:**

El proceso de compostaje puede dividirse en cuatro períodos, atendiendo a la evolución de la temperatura:

- **Periodo mesofílico:** la masa vegetal está a temperatura ambiente y los microorganismos mesófilos se multiplican rápidamente. Como consecuencia de la actividad metabólica la temperatura se eleva y se producen ácidos orgánicos que hacen bajar el pH.
- **Periodo termofílico:** Cuando se alcanza una temperatura de 40 °C, los microorganismos termófilos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco y el pH del medio se hace alcalino. A los 60 °C estos hongos termófilos desaparecen y aparecen las bacterias esporígenas y actinomicetos. Estos microorganismos son los encargados de descomponer las ceras, proteínas y hemicelulosas.
- **Periodo de enfriamiento:** Cuando la temperatura es menor de 60 °C, reaparecen los hongos termófilos que reinvaden el mantillo y descomponen la celulosa. Al bajar de 40 °C los mesófilos también reinician su actividad y el pH del medio desciende ligeramente.
- **Periodo de maduración:** Es un periodo que requiere meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus.

**Figura 2. Comportamiento del pH, temperatura y actividad microbiológica durante el proceso de compostaje**



Fuente: [www.compostando.com](http://www.compostando.com)

- **Técnicas de compostaje:**

Todos los procesos de compostaje aerobio son similares en cuanto que incorporan dos pasos básicos: preprocesamiento de los residuos sólidos orgánicos y descomposición aerobia de la fracción orgánica.

Las técnicas de compostaje se pueden dividir en tres grupos: en montón, en silos compostadores y en superficie.

- **Compostaje en montón:**

Es la técnica más conocida y se basa en la construcción de un montón formado por las diferentes materias primas, y en el que es importante tener en cuenta una serie de recomendaciones que garantizan la producción de abono orgánico de buena calidad. A continuación se presenta cada una de estas recomendaciones con más detalle, ya que este tipo de técnica fue la que se utilizó para la elaboración de abono orgánico en la granja de la institución educativa Concentración de Desarrollo Rural.

- Realizar una mezcla completa:

Los materiales deben estar bien mezclados y homogeneizados, por lo que se recomienda una trituración previa de los restos de cosecha leñosos, ya que la rapidez de formación del compost es inversamente proporcional al tamaño de los materiales. Cuando los restos son demasiado grandes se corre el peligro de una aireación y desecación excesiva del montón lo que perjudica el proceso de compostaje.

Es importante que la relación C/N esté equilibrada, ya que una relación elevada retrasa la velocidad de humificación y un exceso de nitrógeno ocasiona fermentaciones no deseables. La mezcla debe ser rica en celulosa, lignina (restos de poda, pajas y hojas secas) y en azúcares (hierba verde, restos de hortalizas y frutas). El nitrógeno será aportado por el estiércol, el purín, las leguminosas verdes y los restos de animales de mataderos. Se debe mezclar de manera tan homogénea como sea posible, materiales pobres y ricos en nitrógeno, y materiales secos y húmedos.

- Formar el montón con las proporciones convenientes:

El montón debe tener el suficiente volumen para conseguir un adecuado equilibrio entre humedad y aireación y deber estar en contacto directo con el suelo. Para ello se debe intercalar entre los materiales vegetales algunas capas de suelo fértil. La ubicación del montón depende de las condiciones climáticas de cada lugar y del momento del año en que se elabore. En climas fríos y húmedos conviene situarlo al sol y al abrigo del viento, protegiéndolo de la lluvia con una lámina de plástico o similar que permita la oxigenación. En zonas más calurosas conviene situarlo a la sombra, durante los meses de verano.

Se recomienda la construcción de montones alargados, de sección triangular o trapezoidal, con una altura de 1,5 metros, con un ancho de base no superior a su altura. Es importante intercalar cada 20–30 cm de altura una fina capa de 2–3 cm de espesor de compost maduro o de estiércol para facilitar la colonización del montón por parte de los microorganismos.

- Manejo adecuado del montón:

Una vez formado el montón es importante realizar un manejo adecuado del mismo, ya que de él dependerá la calidad final del compost. El montón debe airearse frecuentemente para favorecer la actividad de los microorganismos descomponedores. El volteo de la pila es la forma más rápida y económica de garantizar la presencia de oxígeno en el proceso de compostaje, además de homogeneizar la mezcla e intentar que todas las zonas de la pila tengan una temperatura uniforme. La humedad debe mantenerse entre el 40 y 60 %.

Si el montón está muy apelmazado, tiene demasiada agua o la mezcla no es la adecuada se pueden producir fermentaciones indeseables que dan lugar a sustancias tóxicas para las plantas. En general, un mantillo bien elaborado tiene un olor característico.

El manejo del montón dependerá de la estación del año, del clima y de las condiciones del lugar. Normalmente se voltea cuando han transcurrido entre 4 y 8 semanas, repitiendo la operación dos o tres veces cada 15 días. Así, transcurridos unos 2–3 meses se obtiene un compost joven pero que puede emplearse semienterrado.

- **Compostaje en silos :**

Se emplea en la fabricación de compost poco voluminosos. Los materiales se introducen en un silo vertical de unos 2 ó 3 metros de altura, redondo o cuadrado, cuyos lados están perforados para permitir la aireación. El silo se carga por la parte superior y el compost ya elaborado se descarga por una abertura que existe debajo del silo. Si la cantidad de material es pequeña, el silo puede funcionar de forma continúa: se retira el compost maduro a la vez que se recarga el silo por la parte superior.

- **Compostaje en superficie:**

Consiste en esparcir sobre el terreno una delgada capa de material orgánico finamente dividido, dejándolo descomponerse y penetrar poco a poco en el suelo. Este material sufre una descomposición aerobia y asegura la cobertura y protección del suelo, sin embargo las pérdidas de nitrógeno son mayores, pero son compensadas por la fijación de nitrógeno atmosférico.

- **Aplicaciones del compostaje:**



Según la época en la que se aporta a la tierra y el cultivo, pueden encontrarse dos tipos de compost:

- Compost maduro:

Es aquel que está muy descompuesto y puede utilizarse para cualquier tipo de cultivo, aunque tiene un valor fertilizante menos elevado que el compost joven. Se emplea en aquellos cultivos que no soportan materia orgánica fresca o poco descompuesta y como cobertura en los semilleros.

- Compost joven:

Está poco descompuesto y se emplea en el abonado de plantas que soportan bien este tipo de compost (patata, maíz, tomate, pepino o calabaza).

La elaboración de mantillo o compost está indicada en los casos en que la transformación de restos de cosechas en el mismo lugar es complicada, debido a que existe una cantidad muy elevada de restos de la cosecha anterior, que dificultan la implantación del cultivo siguiente; residuos muy celulósicos, con una relación C/N alta, (lo que se traduce en un bloqueo provisional del nitrógeno del suelo); suelos con escasa actividad biológica y en los que el proceso de humificación va a resultar lento.

### **7.2.2 Construcción y monitoreo de la unidad de compostaje:**

Después de haber consultado a diferentes autores y analizado cada una de las condiciones, parámetros y procedimientos a tener en cuenta para la obtención de abono orgánico a través del compostaje, junto con los alumnos de la Institución Educativa Concentración de Desarrollo Rural se seleccionó la técnica que más se adaptaba a las condiciones del lugar donde se pretendía aplicar y al tipo de residuos con los que se contaba en la granja.

La técnica se aplicó de la siguiente manera:

- Paso 1 : construcción de la compostera

Se seleccionó una superficie relativamente plana en donde se realizó la construcción de la compostera. Se elaboró principalmente con materiales de fácil obtención en la granja, como

la guadua, con unas dimensiones de: ancho = 4m y largo = 4m. Para proteger el abono del sol y la lluvia se construyó un techo con plástico para invernadero. (Ver anexos. Figura13.).

- Paso 2 : selección del material a compostar:

Después de almacenar los residuos orgánicos tales como: estiércol (de conejos y cuyes) y pulpa de café, se trituraron con herramientas manuales y se colocaron en la compostera.

Es importante reducir de tamaño los materiales a compostar lo más pequeños posibles. La razón es acelerar su descomposición. Aunque no se trituren también se descompondrán pero más lentamente y además puede ser que entre ellos se creen huecos demasiado grandes donde se puede producir una excesiva aireación y paralización de la actividad de los microorganismos por falta de humedad.

- Paso 3 : formación de capas:

Se formaron capas con los diferentes materiales y se repitió el procedimiento hasta alcanzar una altura de la compostera de aproximadamente 60 cm, en el siguiente orden y en las siguientes proporciones:

Pulpa de café – melaza – estiércol de cuyes y conejos – levadura – fosforita huila – tierra negra.

**Tabla 7. Insumos y residuos sólidos orgánicos utilizados en el proceso de compostaje**

<b>MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD</b>
Pulpa de café	300 kg
Melaza (jugo de caña)	7 litros
Estiércol de cuy	80 kg
Levadura	250 g
Fosforita huila	10 kg

Fuente: Datos Propios

- Paso 4 : riego y volteo.

Debido a las condiciones ambientales y el tiempo seco en el que se inició el proceso de compostaje el riego del material orgánico debió hacerse por lo menos dos veces por semana para mantener la humedad del compost y garantizar la supervivencia de los microorganismos descomponedores.

El volteo del compost se realizó igualmente dos veces por semana para garantizar la presencia de oxígeno en el proceso y homogenización de la mezcla de tal manera que todas las zonas de la pila de compostaje mantuvieran una temperatura uniforme.

- Paso 5: medición y control de la temperatura, humedad y pH:

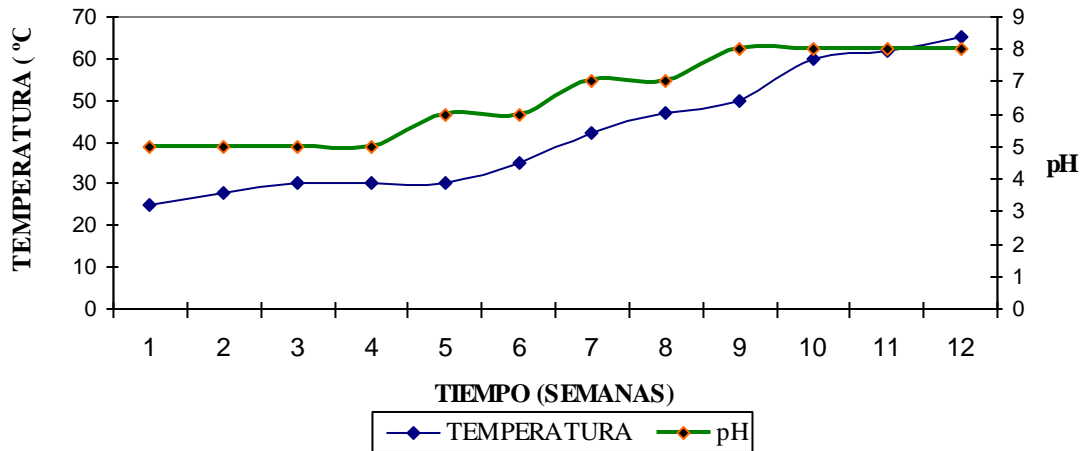
El tiempo que duró la investigación y durante el cual se realizó la medición y control de los parámetros tales como temperatura, humedad, pH y se monitoreó el proceso de descomposición de la materia orgánica fue de tres meses aproximadamente en donde se obtuvieron los siguientes datos:

**Tabla 8. Datos de temperatura y pH durante el proceso de compostaje**

<b>TIEMPO SEMANAS</b>	<b>TEMPERATURA °C</b>	<b>pH</b>
1	25	5
2	28	5
3	30	5
4	30	5
5	30	6
6	35	6
7	42	7
8	47	7
9	50	8
10	60	8
11	62	8
12	65	8

Fuente: Datos Propios

**Figura 3. Comportamiento de la temperatura y pH, durante el proceso de compostaje**



Fuente: datos propios

Según lo que se observa en la gráfica durante el proceso de compostaje el pH y la temperatura, tienden a subir hasta alcanzar un punto de estabilización que garantice la supervivencia de los microorganismos involucrados en el proceso, el pH se mantiene constante a partir de la novena semana, por el contrario la temperatura sigue evolucionando a medida que se produce la descomposición de la materia orgánica.

La medición de la humedad se realizó de forma manual a través de la denominada “prueba del puño”, que es la recomendada por la literatura, en donde se toma un puñado del compost y se aprieta con la mano. Si gotea agua entre los dedos es porque está demasiado húmedo, pero si al apretar se deja moldear y no escurre ningún líquido, la humedad es la adecuada.

El pH se midió con cinta indicadora, a través de comparación con la escala colorimétrica de pH, y la temperatura se midió con termómetro.

Los datos de temperatura y pH se tomaron en diferentes puntos de la pila de compostaje, los valores de estos parámetros fueron uniformes, facilitando de esta forma el trabajo de campo.

### 7.2.3 Generalidades del proceso de lombricultura<sup>10</sup>

Se entiende por lombricultura las diversas operaciones relacionadas con la cría y producción de lombrices y el tratamiento, por medio de éstas, de residuos orgánicos para su reciclaje en forma de abonos y proteínas.

Es una tecnología basada en la cría intensiva de lombrices para la producción de humus a partir de un sustrato orgánico. Es un proceso de descomposición natural, similar al compostaje, en el que el material orgánico, además de ser atacado por los microorganismos (hongos, bacterias, actinomicetos, levaduras, etc.) existentes en el medio natural, también lo es por el complejo sistema digestivo de la lombriz.

La lombricultura es una biotecnología que utiliza a una especie domesticada de lombriz, como una herramienta de trabajo, recicla todo tipo de materia orgánica, obteniendo como fruto de este trabajo humus, harina y carne de lombriz.

En el intestino de la lombriz ocurren procesos de fraccionamiento, desdoblamiento, síntesis y enriquecimiento enzimático y microbiano, lo cual tiene como consecuencia un aumento significativo en la velocidad de degradación y mineralización del residuo, obteniendo un producto de alta calidad. Esta transformación hace que los niveles de pérdida de nutrientes como nitrógeno, potasio, etc., sean mínimos con relación a los sistemas tradicionales de compostaje. El resultado son dos productos de alta calidad: el humus y las lombrices.

En la actualidad se cultivan principalmente dos tipos de lombrices: La roja californiana (*Eisenia foetida sp*), que es de color rojo púrpura, su engrosamiento (clitelo) se encuentra centrado y su cola es achatada, de color amarillo. Mide aproximadamente de 8 a 10 cm. Son muy resistentes a condiciones adversas del medio.

La roja africana (*Fudrillus sp*), es de color oscuro, su clitelo se encuentra más adelantado y su cola es redonda, de color blanquecino. Mide aproximadamente de 15 a 20 cm. No son muy resistentes a condiciones adversas, y cuando no se encuentran en su medio o hábitat adecuado emigran o mueren, pero en condiciones óptimas se reproduce más rápido que la californiana y generan más abono.

---

<sup>10</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE NARIÑO. El Café Limpio: Un desafío posible para el sector agrícola en Nariño. Modulo Técnico. Cartilla III. Pasto, Nariño. 2006. P. 52-63.

La lombricultura se practica actualmente con variados propósitos. Por una parte está la denominada lombricultura doméstica, practicada por personas con alto sentido de la ecología para reciclar sus residuos domésticos, de cocina y jardín; por otra parte la lombricultura ofrece una buena alternativa para el manejo de desechos que se vuelven contaminantes tales como restos de cosecha, residuos sólidos urbanos, desperdicios de restaurantes, estiércol, residuos industriales de origen orgánico (mataderos, papeleras, agro industrias, etc.), entre otros. La producción de lombrices tiene buenas perspectivas a futuro, ya que es un negocio de producción diversificada que puede generar excelentes ingresos económicos provenientes de la comercialización de la lombriz y el lombricompost.

- **Características de la lombriz roja californiana:**

La especie más utilizada es la lombriz roja californiana, lombriz que consume diariamente una cantidad de residuos equivalente, prácticamente, a su propio peso. Esta especie requiere de altas concentraciones de materia orgánica como medio de vida y alimentación, por lo que no sobrevive mucho tiempo en suelos con bajos porcentajes de materia orgánica. Se la conoce como lombriz roja californiana porque fue en este estado de Estados Unidos donde se descubrieron sus propiedades y donde se instalaron los primeros criaderos.

Posee el cuerpo alargado, segmentado y con simetría bilateral. Existe una porción más gruesa en el tercio anterior de 5mm de longitud llamada clitelo, cuya función está relacionada con la reproducción, al nacer las lombrices son blancas, transcurridos 5 o 6 días adquieren un color rosado y a los 120 días ya se parecen a las adultas siendo de color rojizo y estando en condiciones de aparearse.

La acción de la lombriz en su proceso digestivo produce un agregado notable de bacterias que actúan sobre los nutrientes macromoleculares, elevándolo a estados directamente asimilables por las plantas.

El lombricompost es un fertilizante orgánico, biorregulador y corrector del suelo cuya característica fundamental es la bioestabilidad, pues no da lugar a fermentación o putrefacción.

El humus de lombriz, favorece la formación de micorrizas, acelera el desarrollo radicular y los procesos fisiológicos de brotación, floración y madurez de las plantas. Su acción antibiótica aumenta la resistencia de las plantas al ataque de plagas y patógenos como también la resistencia a las heladas. Así también la acción de la lombriz, en su contacto físico con el sustrato, transmite con su mucosa particulares características que favorecen al estado coloidal del producto final por su acción dinamizadora de los suelos de cultivo.

Su elevada solubilización, debido a la composición enzimática y bacteriana, proporciona una rápida asimilación por parte de las raíces de las plantas.

Entre otras características fisiológicas de la lombriz californiana, sus glándulas calcíferas segregan iones calcio, contribuyendo a la regulación del equilibrio ácido–básico, tendiendo a neutralizar los valores del pH del suelo. Estas y otras particularidades inherentes al proceso digestivo de la lombriz, hacen que el producto por ella elaborado tenga una acción como enmienda, fertilizadora y fitosanitaria muy superior al compost. También tiene un mayor tiempo de elaboración, condicionado a los inalterables ritmos biológicos de la lombriz.

En muchos países del mundo se ha experimentado con ella, en diferentes condiciones de clima y altitud, viviendo en cautiverio sin fugarse de su lecho. Es muy prolifera, madurando sexualmente entre el segundo y tercer mes de vida. Y su longevidad esta próxima a los 16 años.

Su capacidad reproductiva es muy elevada, la población puede duplicarse cada 45-60 días, 1.000.000 de lombrices al cabo de un año se convierten en 12.000.000 y en dos años en 144.000.000. Durante este periodo habrán transformado 240.000 toneladas de residuos orgánicos en 150.000 toneladas de humus.

Se alimenta con mucha voracidad, consumiendo todo tipo de desechos agropecuarios (estiércol, residuos agrícolas, etc.) y desechos orgánicos de la industria. Produce enormes cantidades de humus y de carne de lombriz por hectárea como ninguna otra actividad zootécnica lo logra.

Se puede obtener otros productos base para la industria farmacéutica. A partir del líquido celomático ya se han producido antibióticos para uso humano. Características como el no sangrar al producirse un corte de su cuerpo y ser totalmente inmune al medio contaminado en el cual vive, así como también la elevada capacidad de regeneración de sus tejidos, son motivos de investigación para la aplicación en actividades humanas.

- Hábitat de la lombriz Roja Californiana:

Habita en los primeros 50 cm del suelo, por tanto es muy susceptible a cambios climáticos. Es fotofóbica, los rayos ultravioletas pueden perjudicarla gravemente, además de la excesiva humedad, la acidez del medio y la incorrecta alimentación. Cuando la lombriz cava túneles en el suelo blando y húmedo, succionando la tierra con la faringe envainada o

bulbo musculoso digiere de ella las partículas vegetales o animales en descomposición y vuelve a la superficie a expulsar por el conducto excretor la tierra.

- **Ciclo de Vida de la lombriz Roja Californiana:**

Es hermafrodita, se reproduce por fertilización cruzada la cual ocurre cada 7 a 10 días. Luego cada individuo coloca una cápsula (huevo en forma de pera de color amarillento) de unos 2 mm de la cual emergen de 2 a 21 lombrices después de un periodo de incubación de 14 a 21 días, siendo individuos juveniles, que no podrán reproducirse hasta los 3–4 meses, cuando pasan a ser adultas, dependiendo de la alimentación y de los cuidados.

- **Condiciones ambientales que determinan el proceso de lombricultura:**

- **Humedad:**

La humedad es un factor de mucha importancia que influye en la reproducción. Debe estar entre el 70 y 80 %. Una humedad superior al 85 % hace que las lombrices entren en un período de latencia y se afecta la producción de lombricompost y la reproducción. Debajo de 70 % de humedad es una condición desfavorable. Niveles de humedad inferiores al 55 % son mortales para las lombrices.

Las lombrices toman el alimento succionándolo, por tanto la falta de humedad imposibilita dicha operación. El exceso de humedad origina empapamiento y una oxigenación deficiente.

Al igual que para el compostaje, para medir el porcentaje de humedad en el sustrato se utiliza la “prueba de puño”, se agarra una cantidad del sustrato con el puño de una mano, posteriormente se le aplica fuerza, lo normal de un brazo, y si salen de 8 a 10 gotas es que la humedad está en un 80 % aproximadamente. En cualquier caso es mejor utilizar un medidor de humedad. Los encharcamientos deben evitarse, ya que un exceso de agua desplaza el aire del material y provoca fermentación anaeróbica.

- **Temperatura:**



La temperatura es otro de los factores que influye en la reproducción, producción del vermicompost y fecundidad de las cápsulas. Una temperatura entre 18 a 25 °C es considerada óptima, que conlleva el máximo rendimiento de las lombrices. Cuando la temperatura desciende por debajo de 15 °C las lombrices entran en un período de latencia, disminuyendo su actividad, dejan de reproducirse, crecer y producir vermicompost; los huevos no eclosionan y pasan más tiempo encerrados los embriones, hasta que se presentan condiciones favorables.

Durante el verano si la temperatura es muy elevada se debe recurrir a riegos más frecuentes, manteniendo los lechos libres de malas hierbas, procurando que las lombrices no emigren buscando ambientes más frescos.

- **pH:**

La lombriz acepta sustratos con pH de 5 a 8.4, que se puede controlar mediante un pHmetro o un simple papel indicador. Fuera de esta escala, la lombriz entra en una etapa de latencia. Con pH ácido en el sustrato (< 7) puede desarrollarse una plaga conocida en el mundo de la lombricultura como planaria.

Antes de que el material orgánico sirva como alimento de las lombrices se debe dejar descomponer durante un periodo de tiempo determinado, el objetivo es que el alimento se estabilice en un pH de 7.5 a 8, humedad 80 % y temperatura 18 a 25 grados centígrados.

La preparación del sustrato debe hacerse mediante fermentación aerobia. Esta fermentación es el resultado de la actividad de una serie de microorganismos de diferentes grupos. El tiempo que dure la fermentación depende del control del pH, humedad, temperatura y el tipo de sustrato utilizado.

- **Aireación:**

La aireación es fundamental para la correcta respiración y desarrollo de las lombrices. Si la aireación no es la adecuada el consumo de alimento se reduce; además del apareamiento y reproducción debido a la compactación del sustrato.

- **Alimentación de la lombriz:**

El alimento que se le debe proporcionar a la lombriz es materia orgánica parcial o totalmente descompuesta. Si no es así las elevadas temperaturas generadas durante el proceso de fermentación (hasta 75 °C), matarán a las lombrices.

Los alimentos orgánicos útiles en la alimentación de lombrices son muy variados, destacando, entre otros:

- Restos de serrerías e industrias relacionadas con la madera
- Desperdicios de mataderos.
- Residuos vegetales procedentes de actividades agrícolas.
- Estiércol de animales.
- Residuos de cocina tales como frutas, cáscaras, tubérculos, entre otros.
- Lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales.

En condiciones térmicas óptimas se debe añadir entre 20 y 30 kg de alimento por lecho, en una capa de 5-10 cm, cada 10–15 días.

- **Propiedades del Lombricompost:**

El humus de lombriz es de color negro, granulado, homogéneo y con un olor agradable a mantillo de bosque.

- **Propiedades químicas:**

- Incrementa la disponibilidad de nitrógeno, fósforo y azufre del suelo. La acción microbiana emergente del humus de lombriz hace asimilable para las plantas materiales inertes como fósforo, calcio, potasio, magnesio, micronutrientes y

oligoelementos, fijando además de los microorganismos simbióticos, el nitrógeno atmosférico.

- Incrementa la eficiencia de la fertilización.
  - Estabiliza las reacciones químicas del suelo, debido a su alto poder de tampón.
  - Inactiva los residuos de plaguicidas debido a su capacidad de adsorción.
  - Inhibe el crecimiento de hongos y bacterias que afectan a las plantas.
- **Propiedades físicas:**
    - Mejora la estructura del suelo, da soltura a los suelos pesados y compacta a los suelos sueltos y arenosos, por consiguiente mejora su porosidad.
    - Mejora la permeabilidad y ventilación del suelo.
    - Reduce la erosión del suelo, el humus de lombriz es un fertilizante de primer orden, protege al suelo de la erosión, siendo un mejorador de las características físicoquímicas del suelo, de su estructura (haciéndola más permeable al agua y al aire), aumenta la retención hídrica, regula el incremento y la actividad de los nitritos del suelo, y mejora la capacidad de almacenar y liberar los nutrientes (nitrógeno, fósforo, azufre, boro y potasio) requeridos por las plantas de forma equilibrada.
    - Confiere un color oscuro en el suelo ayudando a la retención de energía calorífica y absorbe los compuestos de reducción que se han formado en el terreno por compactación natural o artificial.
  - **Actividad microbiológica:**

El lombricompost es fuente de energía la cual incentiva la actividad microbiana del suelo, al existir condiciones óptimas de aireación, permeabilidad, pH y otros, por lo tanto su

utilización como abono incrementa y diversifica la flora microbiana del suelo. El humus de lombriz posee una elevada carga microbiana, contribuyendo a la protección de la raíz de las plantas de bacterias y nematodos, para el cual está especialmente indicado, produce además hormonas como el ácido indolacético y ácido giberélico, estimulando el crecimiento y las funciones vitales de la planta. El humus de lombriz evita y combate la clorosis férrica y facilita la eficacia del trabajo mecánico en el campo.

La actividad residual del humus de lombriz se mantiene en el suelo hasta cinco años. Al tener un pH neutro no presenta problemas de dosificación ni de toxicidad, aún en aquellos casos en que se utiliza puro.

- **Dosis de aplicación del lombricompost:**

El humus de lombriz se puede utilizar tanto en forma sólida como líquida, siendo particularmente importante su aplicación en la preparación de suelos y producción de hortalizas, frutales o flores ornamentales. Tiene también otros usos más específicos, como en jardinería y campos para practicar deportes como golf, fútbol, etc.

En la siguiente tabla se muestran las dosis de empleo de humus de lombriz en diferentes cultivos:

**Tabla 9. Dosis de empleo de humus de lombriz en diferentes cultivos**

<b>TIPO DE CULTIVO</b>	<b>CANTIDAD</b>
Praderas	800 g/m <sup>2</sup>
Frutales	2 Kg/árbol
Hortalizas	1 Kg/m <sup>2</sup>
Césped	0.5 – 1 Kg/m <sup>2</sup>
Ornamentales	150 g/planta
Semilleros	20 %
Abonado de fondo	160 – 200 L/m <sup>2</sup>
Transplante	0.5 – 2 Kg/árbol
Recuperación de terrenos	2500 – 3000 L/ha
Setos	100 – 200 g/planta
Rosales y leñosas	0.5 – 1 kg/m <sup>2</sup>

Nota: 1 Litro de humus de lombriz al 50 % de humedad equivale a 0.54 Kg.

Fuente: [www.infoagro.com/abonos/lombricultura.asp](http://www.infoagro.com/abonos/lombricultura.asp)

#### **7.2.4 Construcción y monitoreo de la unidad de lombricultura:**

De la misma manera que para la elaboración del compost, antes de la construcción de la unidad de lombricultura, se consultaron diferentes autores para conocer más a fondo el proceso de descomposición de materia orgánica a través de la actividad metabólica de las lombrices y las condiciones que debían brindarse a estos organismos para garantizar su supervivencia y reproducción.

La metodología que se llevó a cabo para la construcción del lombricultivo fue la siguiente:

- Paso 1: Construcción de la cama

Para la elaboración de la cama de lombrices se emplearon materiales tales como guadua y esterilla. Las medidas de las camas se adaptaron de acuerdo al espacio disponible y siguiendo las recomendaciones de la literatura consultada, se elaboraron a una distancia del suelo de aproximadamente 70 cm, esto con el fin de evitar que se escaparan las lombrices de las camas, y con cierto desnivel para permitir el escurrimiento de los lixiviados producto de la descomposición de la materia orgánica, largo=3.0 m, ancho=1.2 m y profundidad=40 cm, también se colocó un techo con plástico de invernadero y se tapó con ramas para garantizar que no entrara la luz solar en la cama ya que las lombrices, no toleran ni la luz solar, ni la artificial. (Ver anexos. Figura 11 y 12).

- Paso 2: Sustrato o material de la cama:

Los materiales utilizados como sustrato fueron los mismos que los empleados en la producción de compost tales como estiércol de cuyes, conejos y pulpa de café, estos se distribuyeron en la cama en forma de capas hasta alcanzar una altura de aproximadamente 30 cm y posteriormente se agregó una capa de cal, esto con el fin de regular la acidez producida por la descomposición de la materia orgánica.

Una vez dispuesto el material en la cama se dejó descomponer alrededor de un mes en donde se realizó el mismo tratamiento de riego, volteo y control de los diferentes parámetros (pH, temperatura y humedad) al igual que para la elaboración del compost, ya que antes de realizar la siembra de las lombrices el material que servirá como alimento debe reunir una serie de condiciones para garantizar la supervivencia y reproducción de las mismas.

La cantidad de residuos sólidos orgánicos utilizados para la obtención de lombricompuesto fue la siguiente:

**Tabla 10. Insumos y residuos sólidos orgánicos utilizados en el proceso de lombricultura**

<b>MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD</b>
Pulpa de café	200 kg
Estiércol de cuy	50 kg
Estiércol de conejo	70 kg
Cal	6 kg

Fuente: datos propios

- Paso 3 : Prueba de la cama

Se debe realizar una prueba con aproximadamente 100 lombrices antes de la siembra definitiva: si después de dos horas de disponerlas sobre la superficie de la cama, las lombrices se han enterrado y sobrevivido, se colocan las lombrices restantes. Si no sobreviven es posible que se deba a que no tienen las condiciones adecuadas de pH, temperatura y humedad.

Si el sustrato tiene un pH ácido, se agrega cal agrícola; de esta manera el pH alcanzará niveles neutros. Si existe exceso de humedad, se debe mejorar el drenaje de la cama. Si el problema es la temperatura, es porque el sustrato necesita descomponerse por más tiempo. Una vez reunidas las características de pH, humedad y temperatura ideales se realiza la siembra. La prueba de cama, en este caso se realizó un mes después de la descomposición de la materia orgánica.

- Paso 4 : Siembra

Debido a que la materia orgánica que serviría de alimento para los lombrices reunía las características para su supervivencia (pH = 7) y temperatura = 22 °C, se realizó la siembra de las lombrices.

Es recomendable realizar la siembra en las primeras horas de la mañana o terminando la tarde donde la luz solar sea mínima para evitar la muerte de las lombrices.

La densidad de siembra recomendada es de 2.5 Kg de lombrices por cada metro cuadrado, en este caso se sembraron 10 Kg de lombrices para un área de aproximadamente 4.8 m<sup>2</sup>.

- Paso 5: Alimentación de las lombrices.

Después de 20 días de haber realizado la siembra o cuando las lombrices se han reproducido, se agrega una nueva capa de sustrato (fraccionado y seco) y se repite la operación cada ocho días.

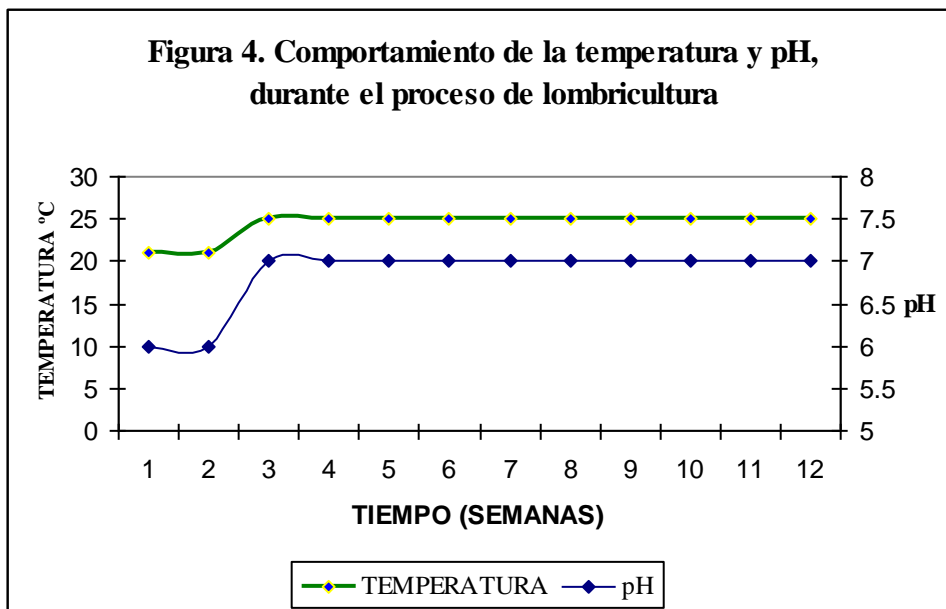
Luego de 20 días se adicionó más residuos sólidos orgánicos a la cama de las lombrices. Los residuos de cosecha en este caso pulpa de café y estiércol, se adicionaron secos y después de un periodo de descomposición de un mes y luego de haberse realizado el respectivo tratamiento para neutralizar la acidez mediante la adición de cal, posteriormente cada ocho días se agregó a la cama de lombrices aproximadamente 7 Kg de residuos sólidos entre estiércol de cuyes y conejos y 10 Kg de pulpa de café.

Según la literatura consultada las lombrices comen diariamente un equivalente a su propio peso: el 60 % lo transforman en humus y el 40 % lo asimilan en carne.

**Tabla 11. Datos de temperatura y pH durante el proceso de lombricultura**

<b>TIEMPO SEMANAS</b>	<b>TEMPERATURA ° C</b>	<b>pH</b>
1	21	6
2	21	6
3	25	7
4	25	7
5	25	7
6	25	7
7	25	7
8	25	7
9	25	7
10	25	7
11	25	7
12	25	7

Fuente: datos propios



Fuente: datos propios

Según lo que se observa en la gráfica la temperatura y pH permanecen constantes a lo largo del proceso de lombricultura, estas condiciones se deben mantener para lograr la supervivencia de las lombrices.

En este caso la humedad adecuada del proceso es mayor que para el compostaje, por lo que se debe suministrar mayor cantidad de agua y evitar los excesos, para prevenir la putrefacción de la materia orgánica.

- Paso 6 : Cosecha

Cuando se presenta una gran población de lombrices ó se requiera retirar el humus producido, no se provee de alimento a las lombrices por espacio de ocho a doce días manteniendo siempre la humedad de la cama. Transcurrido este tiempo, se coloca sustrato a un lado de la cama donde se sitúa una malla fina; de esta manera, las lombrices saldrán a buscarlo, así es posible concentrar las lombrices en un área reducida y obtener el humus. El humus está listo cuando su color es oscuro, posee un grano fino, no despiden olores ni se disuelve fácilmente en agua.

Aproximadamente a la décima semana del proceso se observó la producción de lombricompost en la parte baja de la cama de lombrices, aunque no se retiró de la cama



para permitir una mayor maduración y por lo tanto un mayor contenido de nutrientes asimilables por los cultivos donde se pretendía utilizar.

### **7.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL PROCESO DE COMPOSTAJE Y LOMBRICULTURA**

Durante el desarrollo de la etapa práctica de producción de abono orgánico se logró principalmente analizar el funcionamiento de las alternativas de tratamiento de los residuos sólidos y hacer la valoración de los parámetros que determinan el funcionamiento de los procesos de compostaje y lombricultura, de tal manera que los estudiantes confrontaron lo aprendido en clase y se logró despertar en los jóvenes una actitud científica, demostrando con situaciones reales la forma como se puede realizar un manejo adecuado de los residuos sólidos orgánicos y contribuir al mejoramiento de su entorno y a la conservación de los recursos naturales, que hacen parte de un proceso de gestión integral.

Durante el periodo de evaluación de los procesos de descomposición de la materia orgánica (tres meses), a través de técnicas como el compostaje y la lombricultura, son muchos los elementos que se lograron analizar, ya que por tratarse de procesos biológicos, el funcionamiento de los mismos involucra diversas variables y continuos cambios de fácil percepción debido a la actividad de los organismos involucrados y porque el hecho de transformar algo sustancialmente inservible como son los residuos sólidos orgánicos en un material tan valioso como es el compost o lombricompost resulta verdaderamente fascinante de analizar y entender.

El funcionamiento de la unidad de compostaje estuvo determinado inicialmente por factores como el tamaño de las partículas de los residuos sólidos, las condiciones ambientales, volteo o mezcla de la materia orgánica y el monitoreo continuo de la humedad, temperatura y pH.

El tamaño de las partículas a compostar es muy importante, debido a que de este depende la acción de la actividad metabólica de los microorganismos. Un tamaño de partículas reducido, incrementa la velocidad de las reacciones bioquímicas durante el proceso de compostaje aeróbico, y por tanto disminuye el tiempo de descomposición de la materia orgánica.

Para obtener resultados óptimos el tamaño de los residuos sólidos debe estar entre 25 y 27 mm. Es natural que el proceso de trituración manual o reducción de tamaño sea incomodo por los olores asociados a la materia orgánica, por lo que se debe tener voluntad y paciencia y pensar que se va a obtener con estos desechos un material que esta

contribuyendo de alguna manera con la reducción de la contaminación ambiental y al mejoramiento de los cultivos en los que se pretende utilizar como abono orgánico, por lo que durante el proceso de capacitación se formó a los estudiantes de tal manera que se logró su participación activa en cada uno de las etapas de construcción de la unidad de compostaje y no se presentaron inconvenientes a la hora de la manipulación de los residuos sólidos.

Las condiciones ambientales son determinantes a la hora de obtener abono en un tiempo relativamente corto, como es bien sabido los procesos bioquímicos se ven favorecidos por las altas temperaturas por lo que se recomienda iniciar la pila o compostera en épocas de verano, el proceso de compostaje en este caso se realizó en época de altas temperaturas entre los meses de junio a septiembre, por lo que se pudo llevar a cabo la descomposición de la materia orgánica de forma rápida.

Podría pensarse que como el proceso requiere de altas temperaturas para que las reacciones bioquímicas se den con mayor rapidez, la compostera se puede dejar a la intemperie, pero no es así debido a que el material a compostar debe conservar cierto grado de humedad, indispensable para la acción de los microorganismos, esto se logró comprobar debido que durante cierto periodo de tiempo y debido a que las condiciones climáticas no lo permitieron (viento excesivo) se tuvo que dejar la compostera sin techo por lo que se produjo un descenso en la descomposición de la materia orgánica, esto se pudo notar al observar que no se producía ningún tipo de cambio en los materiales que se estaban compostando, lo que se logró remediar con la adecuación de una cubierta para mantener una temperatura adecuada dentro del sistema y nuevamente al contar el sistema con las condiciones necesarias, la descomposición de la materia orgánica se llevo a cabo de manera normal.

Por ser el compostaje un proceso aeróbico el requerimiento de oxígeno por parte de los microorganismos es esencial para su supervivencia y para evitar la proliferación de malos olores, por tratarse de la técnica implementada, compostaje en montón en una zona totalmente aireada no se tuvieron inconvenientes en cuanto a la cantidad de oxígeno requerida para el proceso.

La mezcla inicial de los residuos orgánicos es esencial para incrementar o disminuir el contenido de humedad hasta un nivel óptimo. La mezcla se realiza básicamente con el propósito de conseguir una distribución más uniforme de los nutrientes y microorganismos.

El volteo del material orgánico durante el proceso de compostaje es un factor operacional muy importante para mantener la actividad aerobia. Debido a que la frecuencia de volteo depende de las características de los residuos, y el contenido de humedad de los mismos, y

está a su vez influenciada por las condiciones ambientales del lugar donde se realice el proceso de compostaje, la mezcla de los materiales se realizó dos veces por semana durante el periodo de evaluación (12 semanas), debido a que las altas temperaturas ambientales obligaban a realizar el volteo con esta frecuencia, para mantener la uniformidad de la humedad dentro del sistema. En muchas ocasiones el volteo se convierte en una tarea bastante difícil debido a la altura elevada de la pila de compostaje (de 1 hasta 2 metros), en este caso, no se presentó este inconveniente debido a que la altura de la compostera se diseñó para evitar este tipo de dificultades y por lo se prefirió esparcir los residuos orgánicos en una área mayor antes de alcanzar una altura tan excesiva que usualmente es la que se recomienda en la literatura, pero que no resulta tan práctica, aunque de la altura depende que se produzca el aumento de temperatura dentro del sistema y que se realice la descomposición de la materia orgánica.

El monitoreo continuo de la humedad es el factor más importante que se debe tener en cuenta en el proceso de compostaje, el contenido de humedad óptimo para el compostaje aerobio está en el rango del 50 al 60 %. La humedad puede ajustarse mediante la mezcla de los componentes o la adición de agua. Cuando el contenido en humedad del compost cae por debajo del 40 %, se reduce la velocidad de fermentación.

La adición de agua para controlar la humedad del proceso, en este caso se realizó tres veces por semana debido a que las altas temperaturas hacían que la materia orgánica se secase rápidamente.

La medición de la temperatura se realizó con el propósito de conocer más a fondo la actividad metabólica de los microorganismos involucrados en el proceso de compostaje, ya que los cambios de temperatura indican el tipo de microorganismos implicados en el proceso.

Los sistemas de compostaje pueden funcionar en ambas regiones de temperatura, bien en el periodo mesofílico, 30 a 38 °C o bien en el termofílico, 55 a 60 °C.

De acuerdo a los datos obtenidos de temperatura durante este proceso que se muestran en la tabla 8, los cambios de temperatura son evidentes. Los incrementos de temperatura durante la fermentación de los residuos orgánicos se producen principalmente por las reacciones exotérmicas asociadas con el metabolismo respiratorio de los microorganismos. Durante el periodo que se tomaron los datos de temperatura (3 meses), el proceso pasó por dos periodos, el mesofílico y el termofílico.

Inicialmente hubo un incremento de temperatura desde los 25 °C hasta los 35 °C, esto

sucedió aproximadamente en un espacio de tiempo de seis semanas, en este periodo en que los materiales se empiezan a descomponer los microorganismos mesófilos se multiplican rápidamente, por lo que como consecuencia de su actividad metabólica la temperatura se eleva.

Posteriormente y con el transcurso del tiempo la temperatura continuó subiendo, a partir de la séptima semana hasta aproximadamente la doceava semana de descomposición alcanzó valores de 35 °C a los 65 °C, en este periodo denominado termofílico, se dice que los microorganismos termófilos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco, a los 60 °C los hongos termófilos desaparecen y aparecen las bacterias esporígenas y actinomicetos.

Según la literatura consultada, luego se produce una etapa de enfriamiento y posteriormente la maduración del compost, aunque estas etapas no se analizaron, debido al corto tiempo que duró la investigación, se formó a los estudiantes de tal manera que contaran con las bases teóricas acerca del proceso y conocieran los cambios que se presentarán con el transcurso del tiempo en el proceso, ya que es muy importante saber reconocer cuando el compost esta listo para ser utilizado como abono orgánico y las proporciones que se deben utilizar en las plantas, y que está a su vez determinada por el tipo de cultivos que se pretende abonar.

El pH, fue otro parámetro que se midió durante la investigación (Ver tabla 8), el control de este es importante para evaluar el ambiente microbiano y la estabilización de los residuos. El valor del pH, así como la temperatura del compost varía con el tiempo durante el proceso de compostaje.

Inicialmente el valor del pH se mantuvo alrededor de 5, durante las primeras cinco semanas, sin que se produjera algún cambio, esto está asociado a los cambios de temperatura y por tanto a la actividad metabólica de los microorganismos, el valor de pH tan bajo, se debe principalmente a la producción de ácidos orgánicos durante la fermentación.

A partir de la sexta a la octava semana de fermentación de la materia orgánica, el pH subió de un valor de 6 a 7, la acidez logra regularse principalmente por la acción de los microorganismos termófilos que transforman el nitrógeno en amoníaco.

Entre la novena y doceava semana, el pH se mantuvo en un valor de 8, que indica que la descomposición a pasado de un medio ácido a un medio alcalino, el valor constante del pH, en relación con los altos valores de temperatura durante estas semanas, indican que el proceso ha alcanzado un punto de estabilidad. A los 60 °C los hongos termófilos

desaparecen y aparecen las bacterias esporígenas y actinomicetos. Estos microorganismos son los encargados de descomponer las ceras, proteínas y hemicelulosas de la materia orgánica.

Aunque la investigación evaluó el proceso hasta esta etapa, según la teoría consultada, posteriormente el proceso pasará por un periodo de enfriamiento, la temperatura descenderá alrededor de los 40 °C, en ese momento reaparecen los hongos termófilos que reinviden el compost y descomponen la celulosa. Al bajar la temperatura de los 40 °C los microorganismos mesófilos también reinician su actividad metabólica y nuevamente el pH desciende ligeramente, se debe evitar que el pH alcance valores bajos, debido a que el proceso de compostaje se retrasará, por lo que es conveniente mantener un grado de aireación adecuado, a través de la mezcla o volteo de los materiales y se debe evitar generar condiciones anaerobias en el sistema.

Posteriormente el proceso atravesará por su última etapa que es la de maduración, es una fase que requiere de meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus.

Un factor ambiental muy importante en el proceso de compostaje es la relación carbono/nitrógeno, debido a esto para la obtención de un compost equilibrado en el contenido de elementos tan importantes para las plantas como el nitrógeno y el carbono es necesario incluir y mezclar en el compost restos orgánicos y vegetales muy diversos.

Aunque durante la investigación no se realizó un análisis de la cantidad de nitrógeno y carbono de los materiales que se incluyeron en el proceso de compostaje, según las recomendaciones y experiencias consultadas a los campesinos y profesionales en agronomía de la región, la mezcla de un residuo con un contenido alto en carbono y bajo en nitrógeno con un residuo alto en nitrógeno y bajo en carbono, se utiliza para lograr relaciones de carbono/nitrógeno óptimas para el compostaje, por lo que se consideró conveniente agregar a la mezcla de materiales a compostar una cantidad mayor de material vegetal, en este caso pulpa de café, que tiene un alto contenido en carbono y un contenido bajo de nitrógeno, y se adicionó una menor cantidad de materiales, tales como, estiércol de cuyes y conejos que son ricos en nitrógeno y pobres en carbono y que compensan la carencia de nitrógeno del material vegetal.

Para que en el proceso de compostaje se obtengan resultados óptimos, es conveniente la adición de complementos minerales para corregir las carencias de ciertos elementos en el material orgánico tales como el magnesio, fósforo, calcio; entre otros, generalmente se utilizan las enmiendas calizas y magnesianas, los fosfatos naturales, las rocas ricas en potasio y oligoelementos y las rocas silíceas trituradas en polvo.

En este caso se utilizó fosforita huila o roca fosfórica, un complemento mineral que se utiliza en la agricultura y que es recomendado para corregir las carencias de fósforo del suelo, y que además de añadir este elemento al abono que se obtiene con el proceso de compostaje, ayuda a regular la acidez dentro del proceso de fermentación, por tratarse de un material con características básicas, y de esta manera mantiene el equilibrio ácido – base dentro del sistema.

Además se adicionó a la mezcla de compostaje compuestos como la melaza (jugo de caña de azúcar) y levadura, esto con el propósito de proporcionarle a los microorganismos los nutrientes necesarios para su crecimiento y reproducción, y para acelerar el proceso de descomposición de la materia orgánica, el tipo de compuestos y la cantidad adicionada, se determinó teniendo en cuenta la bibliografía consultada y las recomendaciones de personas con experiencia en el funcionamiento del proceso de compostaje .

Al igual que el proceso de compostaje, también se realizó el control de la unidad de lombricultura, los resultados en este proceso fueron más fáciles de observar, debido a que se pudo analizar a simple vista la actividad metabólica de las lombrices y se logró obtener abono orgánico, en menor tiempo con relación al compostaje.

El funcionamiento del proceso de lombricultura se vio influenciado principalmente por el tamaño de los residuos sólidos, la luz solar, la humedad, el oxígeno disponible, pH, y la temperatura.

Como se describió el proceso de construcción de la unidad de lombricultura en páginas anteriores, la etapa inicial de la siembra de las lombrices es determinante para la supervivencia, reproducción y por tanto la acción metabólica de las lombrices.

Una vez se realiza la reducción de tamaño de los residuos sólidos es indispensable que antes de incorporar las lombrices a la mezcla del material orgánico, se debe dejar durante un tiempo que el material se descomponga y por tanto se estabilicen principalmente los valores de pH y temperatura, en este caso se dejó el material sin lombrices durante un mes, y se adicionó cal agrícola, con el propósito de regular el pH de los residuos sólidos orgánicos en descomposición.

Una vez se contó con los valores óptimos de  $\text{pH} = 7$  y temperatura =  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$  dentro del sistema, se realizó la siembra de las lombrices, el control de la unidad de lombricultura consistió básicamente en mantener constantes estos valores de pH y temperatura durante todo el proceso de descomposición.

Para mantener una humedad adecuada se realizó el riego de los materiales y el volteo o mezcla con una frecuencia de dos veces por semana, hay que tener en cuenta que este proceso requiere mayor grado de humedad que el proceso de compostaje, por lo que se requiere adicionar una mayor cantidad de agua, debido a que se debe evitar que la temperatura sobrepase los 25 °C y por tanto que mueran las lombrices.

El pH y la temperatura no cambiaron sustancialmente durante el periodo de investigación (Ver tabla 11), se pudo observar que las lombrices crecieron y se reprodujeron rápidamente, alrededor de los quince días de haber sido incorporadas en el sustrato, y alrededor de la décima semana, se logró la obtención de humus. El producto final, vermicompost o lombricompost es de color marrón oscuro, inodoro y con olor al humus natural, este se encontraba en el fondo de la cama de lombrices, ya que estos organismos tienden a enterrarse para protegerse de la luz solar, y es allí donde se produce con mayor rapidez la descomposición de la materia orgánica. Para obtener un abono orgánico más estable no se sacó el lombricompost de la cama, por el contrario se dejó que continué el proceso de descomposición o maduración, debido a que del tiempo de descomposición de la materia orgánica depende el valor nutricional del abono orgánico.

De esta manera se logró conocer a fondo los procesos de producción de abono orgánico mediante compostaje y lombricultura, que aunque parecen sencillos, requieren de mucho cuidado y continuo control, para asegurar la acción de los organismos encargados de la transformación de la materia orgánica.

De ahí en adelante el trabajo y continuidad de los procesos de manejo integral de los residuos sólidos deberá llevarse a cabo por los estudiantes y docentes de la institución educativa, mediante la creación continua de espacios educativos que permitan poner en práctica lo aprendido en clase, y que genere acciones y comportamientos adecuados que permitan la conservación del ambiente.

Después de haber analizado el funcionamiento de los procesos de compostaje y lombricultura y de considerar cada una de las variables que determinan la producción de abono orgánico, se puede concluir que el método que resulta más conveniente para seguir implementándose como parte del manejo de los residuos sólidos de la granja de la institución educativa CDR es la lombricultura, debido a diversos factores, entre los que se encuentran principalmente la descomposición y mineralización rápida de la materia orgánica por parte de las lombrices (debido principalmente a la reproducción rápida de las lombrices), esta transformación hace que los niveles de pérdida de nutrientes como nitrógeno, potasio, etc. sean mínimos con relación al compostaje.

Los costos asociados al mantenimiento de la unidad de lombricultura son mínimos, el compostaje requiere la adición de complementos nutricionales para lograr la acción de los microorganismos, que implica una inversión adicional en comparación con el proceso de lombricultura, además la acción metabólica de las lombrices aporta mayor contenido nutricional al abono orgánico obtenido en comparación con el abono que resulta de la descomposición de los residuos sólidos orgánicos a través del compostaje.

A continuación se muestran los insumos y los respectivos costos que se requieren para la obtención de abono orgánico a través de los procesos de compostaje y lombricultura.

**Tabla 12. Insumos y costos para el proceso de compostaje**

<b>INSUMOS</b>	<b>COSTO (PESOS)</b>
Fosforita huila (50 kg)	10.000
Melaza (30 kg)	16.500
Levadura (400 g)	12.000
<b>TOTAL</b>	<b>38.500</b>

Fuente: datos propios

**Tabla 13. Insumos y costos para el proceso de lombricultura**

<b>INSUMOS</b>	<b>COSTOS (PESOS)</b>
Lombrices (10 kg)	10.000
Cal agrícola (50 kg)	5.500
<b>TOTAL</b>	<b>15.500</b>

Fuente: datos propios

De acuerdo a la anterior información, fácilmente se puede apreciar la gran diferencia entre los costos de los insumos utilizados en los procesos de compostaje y lombricultura, por lo que desde este punto de vista la lombricultura resulta muy favorable, ya que los costos para iniciar el proceso son bajos y tiene la ventaja de que las lombrices se reproducen de una forma muy rápida, por lo que se las puede comercializar, debido a que estas son utilizadas en diversas actividades agropecuarias tales como alimento para aves y cerdos, así como también en la siembra para la implementación de nuevas unidades de lombricompost.



## 8. CONCLUSIONES

El trabajo de pasantía descrito anteriormente resultó ser una experiencia bastante enriquecedora, sobre todo porque se logró vincular desde el aula de clase y desde la institución educativa a los jóvenes en la búsqueda de soluciones a uno de los problemas ambientales de mayor importancia en el municipio de La Unión como es el manejo de los residuos sólidos.

A través de la incorporación de la dimensión ambiental en las Instituciones Educativas se pueden generar espacios comunes de reflexión, desarrollando criterios de solidaridad, tolerancia, búsqueda de consenso y autonomía en los estudiantes, para de esta manera generar una cultura ambiental que se traduzca en el mejoramiento de la calidad de vida, se promuevan procesos de producción limpia y permita la participación de todos en la gestión ambiental local y regional hacia la consecución, valoración y uso sostenible de los bienes y servicios ambientales.

Actualmente la administración municipal de La Unión, junto con la Empresa de Servicios Públicos Municipales (EMLAUNION) y con la participación del Servicio Nacional de aprendizaje (SENA), están realizando una campaña educativa que busca principalmente la generación de nuevos comportamientos y actitudes responsables en los habitantes de La Unión, frente al manejo de los residuos sólidos, por lo que el desarrollo de este proyecto contribuye en gran medida a que los estudiantes hagan parte de la solución y para que lo aprendido en clase pueda ser reproducido en cada uno de sus hogares a través de acciones como reducción, reutilización y reciclaje de los residuos que contribuyan posteriormente a la disminución de los riesgos asociados a la producción de los residuos sólidos municipales.

A través de la implementación de técnicas de compostaje y lombricultura, para la producción de abono orgánico, se demostró a los estudiantes el valor que pueden tener los residuos cuando se le hace un tratamiento adecuado y los beneficios que puede traer para la agricultura y el ambiente, esta fue una actividad que tuvo bastante acogida por parte de los estudiantes, por lo que estaban dispuestos a implementar este tipo de técnicas en sus fincas y jardines, al considerarlas como una alternativa para la producción de cultivos más saludables que van de la mano con la preservación de los recursos naturales.

## 9. RECOMENDACIONES

- Es una realidad que el manejo que se le ha dado a los residuos sólidos en el municipio de La Unión no ha sido el adecuado, por lo que cada día se han hecho más evidentes los diferentes problemas ambientales, que ha traído la falta de estrategias de control y de políticas ambientales para la gestión integral de los residuos

A pesar del gran esfuerzo que ha hecho la administración municipal por desarrollar campañas educativas y la implementación de un sistema de tratamiento de los residuos sólidos orgánicos municipales, aún no se han obtenido resultados relevantes debido a la falta de compromiso en la separación de los residuos sólidos en la fuente generadora y la carencia de continuidad y gestión por parte de la Empresa de Servicios Públicos Municipales (EMLAUNIÓN).

Con el fin de avanzar en los procesos que logren en el futuro el manejo adecuado de los residuos municipales, se hace necesario la implementación de planes, programas y proyectos de educación ambiental para contribuir al cambio cultural, desarrollando modelos educativos acordes con las condiciones socioambientales locales, que involucren a diversos actores sociales, para lograr la participación de la comunidad en actividades de separación en la fuente, reutilización, reciclaje, transformación y aprovechamiento de los residuos. Las estrategias de sensibilización y educación ambiental, por lo tanto, deben enfocarse a comerciantes, centros de educación, oficinas públicas e instituciones municipales y consumidores en general.

- La experiencia vivida con los jóvenes de las instituciones educativas del municipio, trajo muchos aspectos positivos, permitiendo la colaboración y participación activa de los estudiantes en la búsqueda de alternativas de solución a los problemas asociados a la producción de residuos sólidos municipales. Un instrumento muy valioso para contribuir a la generación de una cultura ambiental en los habitantes del municipio de La Unión, sería, el establecimiento de convenios entre las instituciones educativas con la Empresa de Servicios Públicos Municipales (EMLAUNIÓN), para que los estudiantes de grados superiores desarrollen como trabajo social, campañas educativas con la comunidad y proyectos escolares de tratamiento y aprovechamiento de los residuos; ya que es la escuela el lugar indicado para que germine la semilla educativa, respaldada por una formación hogareña proyectada en lo social, son los niños y adolescentes, libres de compromisos culturales los indicados para transmitir a la sociedad la urgente necesidad de cambiar pautas que atentan contra la calidad ambiental y la salud de la población. Conceptos y prácticas de reciclaje, compostaje, lombricultura, abonos y cultivos naturales pueden ser desarrollados en tareas escolares

bien dirigidas y con resultados contundentes que pueden ser transmitidos y potenciados en la secuencia hogar, escuela, sociedad.

- El desarrollo del proyecto escolar con la institución educativa Concentración de Desarrollo Rural, permitió conocer el funcionamiento y los parámetros que determinan los procesos de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos, compostaje y lombricultura, logrando de esta manera establecer las ventajas y dificultades que condicionan la transformación de los residuos en abono orgánico, por lo que es más recomendable, por costos, tiempo y resultados el tratamiento de los residuos a través de la lombricultura, ya que resultó ser un proceso sencillo de implementar y porque las variables pH y temperatura permanecen constantes durante el periodo de descomposición de la materia orgánica, a diferencia del compostaje que a pesar de ser un método de aprovechamiento muy valioso, requiere de más tiempo, insumos adicionales y los parámetros de temperatura y pH cambian continuamente a lo largo del proceso por lo que demanda mayor control y monitoreo para lograr buenos resultados.
- A parte del oxígeno, la humedad es el factor más importante para lograr el buen funcionamiento de los procesos de compostaje y lombricultura. La supervivencia, y reproducción de los organismos involucrados en ambos procesos depende de la frecuencia de riego y volteo de los materiales orgánicos, por lo que la construcción de las unidades de tratamiento se deben ubicar en sitios cercanos a fuentes de agua para evitar inconvenientes posteriores.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANDRÉ, Giordan y SOUCHON, Christian. La Educación Ambiental Guía Práctica. Colección Investigación y Enseñanza; Serie Fundamentos No. 5. Diada Editora S.L. Sevilla, España. 1995.

CASTRO, Paulina y MENDOZA, Sandra. Equipo de Educación Ambiental y Biodiversidad. Instituto Humboldt. Proyectos Ambientales Escolares; PRAE. DECRETO 1743/94. [www.humboldt.org.co](http://www.humboldt.org.co).

COLLAZOS Peñalosa, Héctor. Residuos Sólidos. Quinta Edición. Editorial Acodal. Cali. 1998.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE NARIÑO. El Café Limpio: Un desafío posible para el sector agrícola en Nariño. Ventanilla Ambiental. Pasto, Nariño. 2005.

DECRETO 1743/ 1994. Por lo cual se reglamenta los PRAE. [www.minaambiente.gov.co](http://www.minaambiente.gov.co).

EMPRESAS DE NARIÑO LTDA. Programa de Desarrollo Sostenible para familias productoras de café en Nariño. Modulo Técnico. Cartilla III. Pasto, Nariño. 2006.

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Cartilla Cafetera. Tomo II. Centro Nacional de Investigaciones de Café. 2004.

INFORMACIÓN AGRONOMA. 2006. [www.infoagro.com/abonos/lombricultura.asp](http://www.infoagro.com/abonos/lombricultura.asp).

LATORRE Estrada, Emilio. Medio Ambiente y Municipio en Colombia. Editorial Fescol. Bogotá. 1994.

MANUAL DE LOMBRICULTURA. 2006. [www.manualdelombricultura.com](http://www.manualdelombricultura.com).

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Guía RAS. 2001.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. Lineamientos Generales para una Política Nacional de Educación Ambiental. DECRETO 1743 Agosto de 1994. Bogotá.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. Política Nacional de Educación Ambiental. Bogotá. 2002. [www.mineducacion.gov.co](http://www.mineducacion.gov.co).

NOVO Villaverde, María. Educación Ambiental. Nuevas Ediciones. Santafé de Bogotá. 1991.

PLAN BÁSICO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL. Alcaldía Municipal La Unión, Nariño. 2002-2011.

PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS. Municipio de La Unión, Nariño. Alcaldía Municipal. 2005.

PRAE: ACERCAMIENTO A LA TRANSVERSALIDAD. [www.colombiaaprende.edu.co](http://www.colombiaaprende.edu.co).

TOBASURA, Isaías y SEPÚLVEDA Luz Elena. Proyectos Ambientales Escolares: Estrategia para la formación escolar. Magisterio. Bogotá. 1997. [www.lunaazul.ucaldas.edu.co](http://www.lunaazul.ucaldas.edu.co).

TCHOBANOGLIOUS, George. Gestión Integral de Residuos Sólidos. Vol. I y II. Editorial Mc Graw Hill Interamericana. Madrid, España. 1994.

VELÁZQUEZ de Castro, Federico. Educación Ambiental. Editorial Narcea. Madrid, España. 1995.

**Anexo A**

**Figura 5. Granja “Manuel Mejía”. CDR**



**Figura 6. Invernadero. Granja “Manuel Mejía”. CDR**



**Figura 7. Capacitación Institución Educativa Juanambú**



**Figura 8. Campaña de reciclaje en el municipio de La Unión**



**Figura 9. Campaña de reciclaje en el municipio de La Unión**







**Figura 10. Almacenamiento de residuos sólidos (Pulpa de café). Granja. CDR**



**Figura 11. Construcción de la unidad de lombricultura. Alumnos CDR.**



**Figura 12. Construcción de la unidad de lombricultura.**



**Figura 13. Construcción de la unidad de compostaje.**



**Figura 14. Monitoreo unidad de Lombricultura. Alumnos Juanambú.**



## **Anexo B**

### **Secuencias Pedagógicas**

El desarrollo de las actividades pedagógicas se realizaron teniendo en cuenta tres pasos fundamentales: la conceptualización, el análisis y la síntesis.

La conceptualización se desarrollaba mediante la exposición y con la ayuda de diferentes recursos didácticos de los temas referentes al manejo integral de los residuos sólidos y los problemas relacionados con el manejo inadecuado de los mismos y a través de lecturas de tipo informativo que los estudiantes hacían de manera grupal.

El análisis se realizaba mediante talleres grupales en donde los estudiantes daban a conocer a sus compañeros su punto de vista frente a diferentes temas relacionados con el manejo integral de residuos sólidos, esto con el propósito de sensibilizar a los alumnos frente a los problemas asociados a la producción y manejo inadecuado de los residuos sólidos, y motivarlos al planteamiento de alternativas de solución a estos problemas, partiendo siempre de situaciones reales analizadas en su propio entorno; aula, colegio, barrio y el municipio.

Finalmente la síntesis se realizaba a través de la puesta en común de las opiniones surgidas durante el desarrollo de los talleres, a manera de debate, esto con el fin de unificar criterios, aportar nuevas ideas a los demás compañeros, para posteriormente sacar conclusiones, ideas principales, frases significativas y resolver interrogantes que habían surgido durante el trabajo en grupo.

### **Talleres de sensibilización**

#### **Taller 1**

1. ¿Qué entiendes por basura y por residuos sólidos?
2. ¿Cómo es el manejo que se le da a los residuos sólidos en tu salón de clases, colegio, barrio y municipio?

3. ¿Cómo son los recipientes en donde depositas los residuos sólidos en tu casa?, ¿ De que material están hechos?, ¿ Con qué frecuencia pasa el vehiculo recolector por tu barrio?
4. ¿Qué hay dentro de los recipientes en donde depositas los residuos sólidos en tu salón de clases, en tu colegio y en tu casa?
5. De todos los objetos tirados en estos recipientes ¿cuáles son los más molestos?, ¿En que van a convertirse con el tiempo?

De esta manera los estudiantes enumeraron en primer lugar los residuos producto de las actividades de la cocina, todos los residuos de plásticos, envases de gaseosa, de agua, de aceite, productos de limpieza e hicieron lo mismo con otros materiales.

Después los estudiantes describieron como la Empresa de Servicios Públicos Municipales recogía los residuos sólidos. Al final del debate y al hacer un resumen de lo dicho surgieron distintas preguntas sobre el problema de los residuos sólidos en los diferentes entornos en los cuales habitaban los estudiantes, tales como: ¿qué pasaría en una ciudad si no se recogieran las basuras? Dado un objeto o un producto, ¿qué desechos se producen al fabricarlo? ¿Cuál es el trabajo de los rellenos sanitarios? Y, de forma más general, ¿en qué consiste el trabajo de todo el personal que se dedica a la recolección, evacuación o tratamiento de los residuos sólidos?, etc.

## **Taller 2**

Lecturas informativas:

1. Manejo de los residuos sólidos a través del tiempo en distintas sociedades y evolución de la gestión integral de residuos sólidos.
2. Problemas ambientales generados por los residuos producidos por los adelantos de la sociedad tecnológica.
3. Desarrollo y evolución de la gestión integral de residuos sólidos. Definiciones y elementos funcionales de un sistema de gestión integral de residuos sólidos.

4. Análisis del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos del municipio de La Unión. PGIRS. Leyes que regulan el manejo de los residuos sólidos municipales en nuestro país.

Los alumnos conocieron cada uno de los elementos que conforman el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos, y analizaron el manejo que se le da a estos en su municipio que incluyen la generación de residuos; manipulación y separación de residuos, almacenamiento y procesamiento en el origen; recogida; separación y procesamiento y transformación de residuos sólidos; transferencia y transporte; y evacuación o disposición final.

### **Taller 3**

1. ¿Cuáles son los impactos negativos que traen para la salud y el ambiente la producción y manejo inadecuado de los residuos sólidos en tu municipio?
2. Enumera las causas que consideres son las responsables de la producción excesiva y manejo inadecuado de los residuos sólidos en tu municipio
3. ¿Cómo puedes contribuir para evitar daños al ambiente por la producción de residuos en tus actividades diarias, en tu colegio y en tu hogar?
4. ¿Estarías dispuesto a cambiar tus hábitos inadecuados para contribuir a la minimización de los daños causados al ambiente por la producción de residuos? Enumera las acciones que desde hoy estarías dispuesto a realizar para contribuir al mejoramiento de tu entorno.

Los estudiantes conocieron y discutieron con sus compañeros los efectos negativos que traen para el medio y para la salud de las personas la producción y manejo inadecuado de los residuos sólidos, y las acciones que cada uno de ellos podía llevar a cabo en sus actividades diarias para minimizar o evitar dichos perjuicios.

### **Taller 4**

Debate acerca de los embalajes o empaques que se utilizan para vender un determinado product

1. Comparación de un producto embalado y otro sin embalar. Por ejemplo: juguetes (aspecto útil para el transporte y conservación y aspectos “enmascaradores” del embalaje).
2. Comparación de diferentes tipos de empaque para un mismo producto (y con el producto sin empaçar), sus consecuencias sobre el valor aparente del producto. Aclaración de los “trucos” comerciales utilizados para hacer mayor una cierta cantidad del producto, o para hacer más grande el objeto.
3. Comparación del costo de un determinado producto y el de su empaque.
4. El papel de la publicidad directa o indirectamente en el consumo de un determinado producto.
5. La presentación publicitaria, el empaque y los procedimientos que se usan para incitar al consumo de productos inútiles.
6. La utilización de argumentos ambientales o ecológicos en la publicidad.

De esta manera los estudiantes conocieron y discutieron los diferentes argumentos que se deban tener en cuenta a la hora de comprar un determinado producto, no dejarse guiar únicamente por el empaque y la publicidad, sino por el contrario tener criterio ambiental y escoger aquellos en los cuales para su fabricación se hayan empleado técnicas adecuadas con la preservación del medio, y en los cuales la eliminación del empaque no constituya un riesgo para el ambiente.

## **Taller 5**

Lecturas informativas:

1. Orígenes, tipos y composición de los residuos sólidos municipales.
2. Categorías de clasificación de los residuos sólidos de plástico según su composición química (PET, PE-AD, PVC, PE-BD, PP, PS, y otros).

3. Clasificación de los residuos sólidos peligrosos.
4. Actividades humanas generadoras de residuos sólidos peligrosos.
5. Leyes que regulan el manejo de los residuos sólidos peligrosos a nivel nacional e internacional.
6. Consejos útiles para evitar daños al medio y a la salud de los seres vivos por el uso y manejo inadecuado de los residuos sólidos peligrosos.

Los estudiantes conocieron los tipos, composición y origen de los residuos sólidos municipales, especialmente los residuos peligrosos y la forma como se puede evitar su acción negativa al medio y a la salud de las personas.

### **Taller 6**

Lecturas informativas:

1. Medidas de tratamiento y aprovechamiento de los residuos sólidos municipales (vertedero controlado o relleno sanitario, incineración, reciclaje, transformación o aprovechamiento por técnicas específicas, producción de compost).
2. Conceptos de valorización de los residuos sólidos (reutilización, reducción, reciclaje, recuperación, regeneración, etc.)
3. Problemas asociados con la incineración de los residuos sólidos. Incinerar papel, ¿es lo mejor?
4. Ventajas y desventajas del uso de recipientes de plástico y vidrio.
5. ¿Cuántas veces se puede reciclar el papel, vidrio y plástico?



6. ¿De donde se obtiene el aluminio, el plástico, papel y vidrio? Técnicas de producción de estos materiales.
7. Uso de los recursos energéticos para la producción de papel, plástico y vidrio (tablas comparativas de gasto energético).
8. Tablas de tasas de reciclaje de aluminio, acero, papel, plástico y vidrio a nivel nacional y mundial

Los alumnos conocieron las diferentes técnicas de tratamiento de los residuos sólidos, especialmente el reciclaje, el origen de los diferentes materiales reciclables, los impactos que trae para el ambiente la obtención y producción de residuos y la forma como cada uno de ellos podían contribuir con la minimización de los daños al ambiente por la producción de residuos sólidos, a través de acciones responsables como la reutilización, reducción y el reciclaje.

### **Taller 7**

Lecturas informativas:

1. Transformación de los residuos sólidos orgánicos mediante el compostaje aerobio y lombricultura.
2. Descripción del proceso de compostaje y lombricultura.
3. Diseño y control de los procesos de compostaje y lombricultura.
4. Uso del compost y lombricompost en diferentes prácticas agrícolas.

Los estudiantes conocieron cada uno de los factores que condicionan el funcionamiento de las técnicas de tratamiento y aprovechamiento de los residuos sólidos, compostaje y lombricultura para posteriormente aplicar lo aprendido durante la clase en situaciones reales.