

**MODELO ECONÓMICO PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS
RESIDUOS ORGÁNICOS DE MANGO Y BANANO GENERADOS EN LA
CENTRAL MAYORISTA DE ANTIOQUIA.**

**ASTRID ELENA MEJÍA ECHEVERRI
JAIME DE JESÚS RAMÍREZ VERGARA**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
MAESTRÍA EN MEDIOAMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
MEDELLÍN
2013**

**MODELO ECONÓMICO PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS
RESIDUOS ORGÁNICOS DE MANGO Y BANANO GENERADOS EN LA
CENTRAL MAYORISTA DE ANTIOQUIA.**

**ASTRID ELENA MEJÍA ECHEVERRI
JAIME DE JESÚS RAMÍREZ VERGARA**

**Investigación para optar al título de Magister en Medioambiente y
Desarrollo Sostenible**

**Asesor
ING. RUBEN DARÍO AMAYA MORALES
Magister en Ciencias Ambientales Wageningen University 2001**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
MAESTRÍA EN MEDIOAMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
MEDELLÍN
2013**

Nota de aceptación

Firma de presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Manizales Mayo 2013

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

Este trabajo lo dedicamos a:

Nuestras familias, por su apoyo inquebrantable.

La **Universidad de Manizales** que con su maestría de Medioambiente y Desarrollo Sostenible, demostró estar a la altura de los mejores estándares; con **Funcionarios, Profesores y Asesores de Línea de Investigación**, emprendedores, capaces, atentos, animosos para que no perdiéramos el norte y para producir unos buenos aprendices.

Al profesor **Rubén Amaya** por su ayuda y conocimientos.

La **Gerencia de la Central Mayorista de Antioquia** la cual nos brindó su apoyo y confianza.

La **sociedad** por ayudar en múltiples maneras a dos ciudadanos ansiosos y deseosos de aprendizaje con una firme intención de ayudar a generar un mundo un poco mejor.

Y en general a todos y cada uno de los **participes innombrados** a los cuales les debemos su grano de arena.

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Desplazamiento campesino última década	18
Tabla 2. Activos y ventas de la industria hortofrutícola	23
Tabla 3. Clasificación de los residuos sólidos según GTC 24 de 2009	50
Tabla 4. Condiciones ideales para el compostaje.	64
Tabla 5. Condiciones para el establecimiento de la lombriz	65
Tabla 6. Materias primas. Cultivo rendimiento (l/ha/año)	67
Tabla 7. Precios de comercialización de compost y humus	70
Tabla 8. Composición nutricional del mango	73
Tabla 9. Ejemplos de modelos por tipos	108
Tabla 10. Datos modelo matemático	117
Tabla 11. Planteamiento del modelo en la herramienta QSB	118
Tabla 12. Resultados de correr el modelo en la herramienta	118
Tabla 13. Solución de la Función Objetivo	120

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1	Tamaño de la tierra en Colombia.	17
Figura 2	Usos del suelo en Colombia 2010	19
Figura 3	Área cultivada en frutas	23
Figura 4	Producción hortofrutícola	24
Figura 5	Cadena productiva del mango. Intermediaciones	26
Figura 6	Concepto de desarrollo sostenible	39
Figura 7	Biosistemas integrados de los procesos de la CMA	42
Figura 8	Gestión diferenciada	52
Figura 9	Contenido del PGIRS	53
Figura 10	Etapas para el MIRS	54
Figura 11	Diagnóstico	54
Figura 12	Evolución del proceso de compostaje	61
Figura 13	Métodos para el procesamiento de residuos orgánicos	69
Figura 14	Corte, preselección, empaque.	74
Figura 15	Deshidratación de mango	75
Figura 16	Diagrama de una procesadora de mango	75
Figura 17	Mayores productores de mango	76
Figura 18	Mayores consumidores de mango	77
Figura 19	Porcentaje de lotes de mango por departamento	77
Figura 20	Elementos utilizados en el compost	82

Figura 21	Lombriz roja californiana	83
Figura 22	Morfología de la planta de banano	86
Figura 23	Biosistemas para el aprovechamiento de musacea	97
Figura 24	Central Mayorista de Antioquia	100
Figura 25	Modelo de investigación de operaciones	109
Figura 26	Aforo de desechos orgánicos. 2010	114
Figura 27	Total residuo orgánico	114
Figura 28	Aprovechamientos generales de los residuos orgánicos	115
Figura 29	Subproductos del aprovechamiento del mango	116
Figura 30	Subproductos del aprovechamiento del banano	116
Figura 31	Subproductos del aprovechamiento del modelo	117
Figura 32	Procesos resultantes de desarrollo sostenible	120

LISTA DE FOTOS

	Pág.
Foto 1 Toma aérea de la CMA	27
Foto 2 Muestras del mal descargue	28
Foto 3 Ventero del bloque 17	28
Foto 4 Ventero de frutas BI 16 Las Malvinas	29
Foto 5 Acarreos en un día normal	29
Foto 6 Canecas cerca de la estación de paso	29
Foto 7 Estación de paso de la CMA	31
Foto 8 Mango en el árbol	73
Foto 9 Vista aérea de la CMA	100
Foto 10 Báscula CMA	105
Foto 11 Parqueo nocturno	105

	CONTENIDO	Pág.
	LISTA DE TABLAS	5
	LISTA DE FIGURAS	6
	LISTA DE FOTOS	8
	RESUMEN	13
	ABSTRACT	14
	INTRODUCCIÓN	15
1	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	17
1.1	ANTECEDENTES	17
1.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	27
2	OBJETIVOS	33
2.1	GENERAL	33
2.2	ESPECÍFICOS	33
3	JUSTIFICACIÓN	34
4	MARCO TEÓRICO	37
4.1	DESARROLLO SOSTENIBLE	37
4.1.1	Objetivos del desarrollo sostenible	38
4.1.2	Dimensiones de la sostenibilidad.	39
4.1.2.1	Sostenibilidad Social	39
4.1.2.2	Sostenibilidad económica	39
4.1.2.3	Sostenibilidad ambiental	39
4.1.3	Concepto de externalidad	40
4.1.4	Concepto de bio-sistemas integrados	42
4.1.5	Racionalidad ambiental	43
4.1.6	Economía ecológica	43
5	NORMAS COLOMBIANAS SOBRE RESIDUOS	44
5.1	NORMAS SOBRE RESIDUOS SÓLIDOS	44
5.2	DOCUMENTOS DE REFERENCIA SOBRE RESIDUOS SÓLIDOS	46
5.3	NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS SOBRE RESIDUOS SÓLIDOS	46
6	LOS RESIDUOS SÓLIDOS	49
6.1	LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	50
6.1.1	Reducción en el origen	50
6.1.2	Aprovechamiento y valorización:	50
6.1.3	Tratamiento y transformación	51
6.1.4	La disposición final controlada	51
6.1.5	Análisis integral del ciclo productivo	51
6.1.6	Responsabilidad	51
6.2	PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS, PGIRS	52
6.3	PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS, PMIRS .	53
6.4	GUÍA PARA EL MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS.	53
6.5	IMPACTOS AMBIENTALES	54
6.5.1	Impactos negativos por el mal manejo de los residuos	54

	orgánicos.	
6.5.2	Impactos positivos	55
6.5.3	Plantas de aprovechamiento.	56
6.5.4	Costos Ambientales	57
7	APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS	59
7.1	ALIMENTACIÓN ANIMAL	60
7.2	COMPOSTAJE	60
7.2.1	Fases del proceso del compostaje	60
7.2.2	Condiciones del proceso de compostaje:	61
7.2.3	Técnicas de compostaje	63
7.3	LOMBRICULTIVO	64
7.4	BOCASHI.	65
7.5	BIOFERTILIZANTES.	65
7.6	BIOFERMENTOS.	65
7.7	BIOCOMBUSTIBLES.	65
7.7.1	Bioetanol, o alcohol carburante	65
7.7.2	Biodiesel:	66
7.7.3	Gas	66
7.7.4	Beneficios Ambientales de los biocombustibles	67
7.8	PLANTAS DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS	67
7.8.1	Municipio de Heliconia (Antioquia): El Guacal	68
7.8.2	Evaluación de normas técnicas	69
7.8.3	La Central Mayorista de Antioquia (CMA)	70
7.9	Política y viabilidad del reciclaje	71
8	APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS DE MANGO	72
8.1	COMPOSICIÓN DEL MANGO.	72
8.2	CONTENIDO NUTRICIONAL.	73
8.3	COSECHA Y MADURACIÓN DEL MANGO.	74
8.4	CONSERVACIÓN DEL MANGO	74
8.5	PROCESAMIENTO DEL MANGO.	75
8.6	MERCADO DEL MANGO	75
8.7	DEMANDA DE MANGO	76
8.8	PROCESAMIENTO DE RESIDUOS DE MANGO	79
8.9	APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL DEL MANGO	80
8.10	PRODUCTOS DE VALOR AGREGADO	80
8.11	VALORIZACION DE RESIDUOS DE MANGO	81
8.11.1	Valorización biológica y química	81
8.11.2	Compostaje.	82
8.11.3	Lombricultura.	82
8.11.4	Pectinas.	83
8.11.5	Enzimas.	83
8.11.6	Aceites esenciales.	83
8.11.7	Flavonoides y carotenoides	83
8.11.8	Fibra dietaria (alimento para animales)	83
8.11.9	Obtención de combustibles	83
8.11.10	Valorización térmica.	84
8.11.11	Incineración	84

8.11.12	Pirólisis	84
9	PROCESOS DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS DE BANANO	85
9.1	COMPOSICIÓN DEL BANANO.	86
9.2	COSECHA Y MADURACIÓN DEL BANANO.	86
9.3	CONSERVACIÓN DEL BANANO	87
9.4	PROCESAMIENTO DEL BANANO.	87
9.5	MERCADO DEL BANANO	88
9.5.1	Zonas productoras	88
9.5.2	Oferta	89
9.5.3	Demanda	89
9.6	PROCESAMIENTO DE RESIDUOS DE BANANO	90
9.7	IMPACTOS EN LA ACTIVIDAD BANANERA	91
9.7.1	Suelos	91
9.7.2	Aguas	93
9.7.3	Aire	94
9.8	APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL DEL BANANO	95
9.9	PRODUCTOS DE VALOR AGREGADO	96
9.10	VALORIZACION BIOLÓGICA Y QUÍMICA DE RESIDUOS DE BANANO	97
10	LA CENTRAL MAYORISTA DE ANTIOQUIA (CMA)	99
10.1	INFRAESTRUCTURA BÁSICA	100
10.2	CONFORMACIÓN	101
10.2.1	La Dirección Administrativa y Financiera	101
10.2.2	Sistema de Gestión de Calidad.	101
10.2.3	La Dirección de Servicios Generales	101
10.2.4	Dirección Comercial	102
10.3	LOS SERVICIOS DE LA CMA	102
10.3.1	Proyección y proyectos de la CMA	102
10.4	PROGRAMA DE REMISIONES	103
10.4.1	Software de ingreso de vehículos con productos	103
10.4.2	Software de cobro de pesaje (Báscula)	104
10.4.3	Software de remisiones (Trazabilidad de productos)	104
10.4.4	Software de cobro de ocupación de zonas comunes (Módulos)	104
10.4.5	Software de parqueadero nocturno	104
11	MODELOS MATEMÁTICOS APLICABLES	105
11.1	CLASIFICACIÓN DE LOS MODELOS	105
11.2	FASES DE CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO	107
11.3	MODELO DE INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES	108
11.3.1	Panorama del enfoque de modelado en investigación de operaciones.	109
11.3.2	Definición del problema y recolección de datos	109
11.3.3	Formulación del modelo	109
11.3.4	Obtención de una solución a partir del modelo	109
11.3.5	Prueba del modelo	110
11.3.6	Preparación para la aplicación del modelo	110
11.3.7	Implantación del modelo	110
11.4	PROGRAMACION LINEAL.	110

11.5	SOFTWARE UTILIZADO WINQSB	111
12	CARACTERIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	112
12.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	112
12.2	METODOLOGÍA	112
12.3	INSTRUMENTOS	112
13	DESARROLLO DE LA PROPUESTA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL MANGO Y EL BANANO	113
13.1	CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS DE LA CMA	113
13.2	APROVECHAMIENTOS GENERALES DE LOS R.O.	114
13.2.1	Compost.	114
13.2.2	Lombricultivo.	114
13.3	SUBPRODUCTOS DEL APROVECHAMIENTOS DE RESIDUOS DE MANGO.	115
13.3.1	Pulpa de mango	115
13.3.2	Jugo de mango	115
13.3.3	Néctar de mango	115
13.4	SUBPRODUCTOS DEL APROVECHAMIENTOS DE RESIDUOS DE BANANO	115
13.4.1	Panelitas de banano	115
13.4.2	Concentrado para animales:	115
13.4.3	Banano deshidratado	115
13.5	ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL MODELO	117
14	DISCUSIÓN	120
15	CONCLUSIONES	121
	BIBLIOGRAFÍA	122

RESUMEN

En este trabajo se presenta un modelo que permite simular el impacto de las alternativas de aprovechamiento de los residuos orgánicos de dos frutas, banano y mango, en la Central Mayorista de Antioquia (CMA) en el municipio de Itagüí, Antioquia, Colombia.

El modelo construido donde se utiliza programación duplex de la investigación de operaciones que es capaz de reflejar una serie de variables involucradas como: cantidad, volumen, frecuencia, peso, población, tiempo de retención de materia prima, precio de subproductos y además maximizar la rentabilidad y a su vez minimizar el daño medioambiental.

Después de correr el modelo en Windows QSB para programaciones dúplex, se concluye que aplicar una alternativa adecuada para el manejo del banano y el mango, como residuos reciclados, tiene una incidencia significativa en la disminución de los gastos y costos asociados a la producción, recolección y disposición final de los residuos generados en la Central Mayorista de Antioquia (CMA) en el municipio de Itagüí, Antioquia, Colombia.

Palabras Clave: Residuos Orgánicos, Relleno Sanitario, Reciclaje, Dinámica de Sistemas

ABSTRACT

This work present a model to simulate the impact of some homeworks of management plan of organic waste of two fruit, banana and mango, in the Central Mayorista of Antioquia (CMA) in the municipality of Itagui, Antioquia, Colombia.

The model will be constructed using dynamic systems. The model integrates a number of variables involved as: Amount, Volume, frequency, weight, population, garbage collection, stations.

Before run this model, It is conclude that apply a suitable alternative for the management of banana and mango, as recycled waste, has a significant impact on the amount of waste in the landfills and in the costs associated with the production, collection and final disposal of waste generated in the Central Wholesaler of Antioquia in the municipality of Itaguí, Antioquia, Colombia.

Key Words: Organic Waste, sanitary landfill, recycling, Dynamic Systems

INTRODUCCIÓN

Las siguientes descripciones de la reseña histórica, la función de la central Mayorista de Antioquia y su organización, han sido descritas por el grupo de gestión ambiental de la central mayorista de Antioquia 2010. La Central Mayorista de Antioquia, nació en 1971, se ha convertido en una ciudadela de aproximadamente 40 cuadras con un ordenamiento de propiedad horizontal. La CMA se encuentra ubicada en el municipio de Itagüí en el barrio Santa María, la Central posee un área total de 288.015 M2, que están construidos en 29 Bloques destinados para albergar a comerciantes que de acuerdo a su actividad económica se clasifican de la siguiente manera: 17 Bloques en granos y abarrotos, 5 bloques en productos perecederos, 2 bloques comunales, 5 bloques de servicios complementarios y el bloque 24 destinado como reserva de parqueadero. (Reseña CMA, 2010)

La principal actividad de la CMA consiste en la recepción, descargue y almacenamiento de productos donde luego se seleccionan y alistan para la venta, luego, se cargan en carros más pequeños y se llevan donde el distribuidor minorista o el cliente final. En estos procesos se generan residuos orgánicos que no son manejados adecuadamente desde el origen, teniendo una caracterización que permite generar soluciones a medias o intermedias que van creando una serie de externalidades como altos pagos por el servicio de aseo, aumento de residuos en el relleno y una serie alta de pagos colaterales que llegan al cliente y a la sociedad. El deficiente manejo de frutas y hortalizas en toda la cadena, se refleja en pérdidas de alimentos y pérdidas económicas de las cuales no se tiene una cuantificación clara. La causa está dada por la deficiente manipulación, empaques inapropiados, transporte inadecuado, mala selección y clasificación del producto, problemas de almacenamiento y manejo en la CMA principalmente donde la recolección se hace de forma manual, utilizando una estación de paso que no tiene ningún tipo de tecnología y que hace de reservorio de residuos sólidos que diariamente Empresas Varias de Medellín recoge en unos contenedores.(Grupo de Gestión Ambiental, CMA, 2010)

Hoy la plaza cuenta con una organización administrativa, y delegan a ésta, en cabeza de su Gerente la gestión integral de los residuos sólidos, aunque operacionalmente los propietarios se desentienden de los procesos, finalmente son ellos quienes sostienen económicamente los procesos realizados. Es así como en la CMA se genera aproximadamente 45 toneladas diarias de residuos sólidos, de los cuales, de acuerdo al aforo promedio del 2010, 29 toneladas corresponden a residuos orgánicos y 16 a residuos inorgánicos. Después de realizar una caracterización se logró documentar que de estas 29 toneladas de residuos orgánicos al día, son las frutas y hortalizas las mayores generadoras además que el banano y el mango son las frutas de mayor generación de residuo. (Grupo de Gestión Ambiental, CMA, 2010)

Las instancias realizadas en esta tesis de maestría fueron: Primero se caracterizaron los residuos orgánicos con el ánimo de descubrir las dos frutas que más residuo generaran, después se estudiaron los procesos de aprovechamiento de los residuos orgánicos de banano y mango luego se enumeraron los subproductos obtenidos cada uno con la serie de variables necesarias para responder a un modelo matemático propuesto de programación lineal, que después de corrido, da como resultado de estos subproductos propuestos, unos que cumplen con las características de ser sostenibles en el tiempo y a su vez no deteriorar el medioambiente.

El modelo matemático propuesto posibilita la toma de decisiones dentro de la CMA que permita internalizar los costos de los residuos en el marco del desarrollo sostenible con un enfoque de racionalidad ambiental desde la economía ecológica. Además de documentar posibles alternativas de aprovechamiento de los residuos donde se pretende identificar los promedios de los costos y rentabilidades de cada proceso que constituye esta parte de la cadena de valor.

Después de correr el modelo en el programa WINQSB se logra identificar la función objetivo que maximiza el desarrollo sostenible, como resultado de una cantidad de procesos propuestos frente a los que cumplen todas las características de sostenibilidad.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES

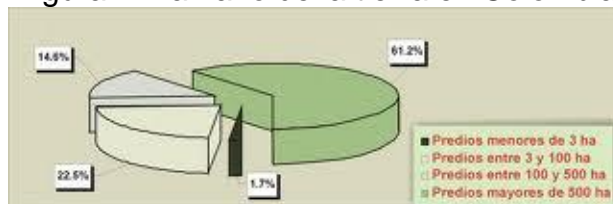
Un duro panorama agrario en Colombia, da cuenta de lo complejo y transversal del problema campesino, que influye como parte de la cadena de agregación de valor que se refleja durante el proceso de comercialización en las Centrales de Abastos en Colombia. Muchos escenarios pueden considerarse, todos con la misma perspectiva de graves para el país.

Colombia desarrolla una política agraria basada en una economía del latifundio desde hace más de 50 años, que ha sido amplificada desde la década de los noventa por el modelo Neoliberal, que concentra subsidios a los grandes propietarios y descuida la economía campesina de los pequeños productores, siendo éste uno de los problemas estructurales de las políticas económicas, dada la importancia del sector rural en la producción de alimentos, en la infraestructura de seguridad alimentaria y también para las exportaciones de café, banano, flores y otros productos. ¹

Algunos estudios elaborados por entidades del estado denotan que las tierras (áreas prediales rurales) están en pocas manos como lo muestra la figura 1, donde se visualiza que el 57.3% de los propietarios posee el 1.7% del área predial rural; el 39.7% de los propietarios posee el 22.5% del área predial rural; el 2.8% de los propietarios posee el 14.6% del área predial rural predio y el 0.4% de los propietarios posee el 61.2% del área predial rural. ²

De lo anterior, podría inducirse que esta concentración de la tierra, hace que el pequeño productor y las unidades de producción agrícola campesina que no son dueñas de las tierras, se aboquen a las condiciones de un sistemas financiero corporativo que no permite que la mayor parte de la población tenga trabajo digno y decente, como resultado de sus políticas crediticias, completando así el ciclo del subdesarrollo, (Raúl Presbich 1962).³

Figura 1. Tamaño de la tierra en Colombia



Fuente: Elaborado con base en IGAC y CEGA.

El crédito es un ejemplo de un recurso menguado para las unidades de producción agraria campesina. Los créditos ordinarios de Finagro se incrementaron en 2010, en pesos nominales, 30,87 por ciento. Para los pequeños productores, el incremento fue menor que el general, de 27,83. Así, la participación de los pequeños productores se ha mantenido entre el 27,6 por ciento en 2010 y el 26,9 en 2009 donde para ellos, el excesivo papeleo o tramitación, las altas exigencias de estudios de factibilidad económica firmados

por expertos, las pólizas de garantías altamente costosas, la falta de garantías reales y la poca solvencia económica por parte de los pequeños productores, hacen que apliquen pocos para los recursos asignados y además sea oneroso obtenerlos. Los usuarios de los créditos, dedicaron hasta más de la mitad de sus ingresos a pagar intereses bancarios, quedándose al final Finagro con una parte de las tierras campesinas, que visto en retrospectiva es una expropiación de tipo administrativa. En tanto que el crédito más común conseguido por los pequeños productores de forma extrabancaria es la compra 'fiada', que sin intereses nominales cuesta realmente hasta el equivalente al altísimo 3 por ciento mensual. Por otro lado, los grandes y medianos productores recibieron el 60 por ciento del crédito, participación que no se compadece con la que tiene el campesinado en la producción y un modelo económico excluyente respecto al pequeño productor. (Finagro. 2011) ⁴

Otro escenario es el desplazamiento de las tierras de los campesinos por parte de los grupos al margen de la ley, donde cerca de 2 millones de hectáreas han sido despojadas para el 2010 y los campesinos han sido obligados a abandonar sus tierras, acrecentando los bordes de miseria de las grandes ciudades, no es un problema aislado y es muy dependiente del fenómeno de narcotráfico del país. Los grupos ilegales se sustentan con el negocio del narcotráfico y defienden las rutas por donde salen los cargamentos del ilícito, estando los campesinos completamente indefensos. En la cuadro 1 encontramos la cantidad de campesinos desplazados en la última década y aunque los gobiernos han diseñado políticas y programas para incluir a los campesinos, los recursos destinados para tal fin han sido insuficientes. ⁵

Tabla 1. Desplazamiento campesino. Última década

Año	Campesinos desplazados
2001	412.553
2002	227.607
2003	257.365
2004	287.581
2005	310.397
2006	221.638
2007	305.966
2008	380.863
2009	286.389
2010	322.054
Total	3.012.413

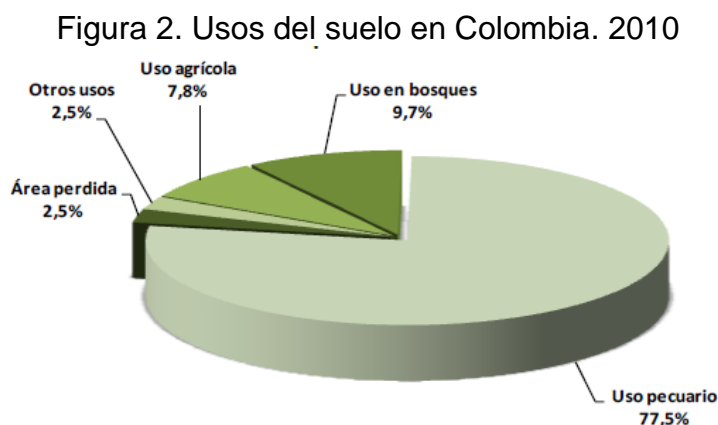
Fuente: Consultoría para los Derechos Humanos y el Desplazamiento (Codhes).

Además y siguiendo con las tierras, la falta de tierra propia y la calidad de la tierra poseída son, de todos modos, un factor que conspira contra una mayor participación de las unidades campesinas en la producción y una mayor retribución por su producción, ya que el campesino que usa tierra ajena debe pagar arriendos que pueden representar el 29 por ciento de sus costos de producción o someterse a aparcerías en las que el dueño de la tierra,

aportando entre el 35 y el 40 por ciento de los costos, se apodera del 60 al 65 por ciento de los ingresos. ⁶

Como complemento del anterior fenómeno, se encuentra el uso de los suelos para cultivo que según la Encuesta Nacional Agropecuaria 2010 del DANE y como lo muestra la figura 2, el uso de suelo agrícola se ha disminuido hasta el 7.8% en todo el país, dicho de otra manera, en los años setenta, el uso agrícola se estimaba en un 28% de la tierra y en 40 años ha disminuido a 7.8%, contrariando las políticas agrarias de los últimos gobiernos con respecto al aumento de tierras agrícolas. (DANE, 2010). ⁷

A pesar de ello, son los pequeños productores quienes dedican un mayor porcentaje de su finca a la agricultura y quienes aportan los puestos de trabajo en el sector. Según la Encuesta Nacional Agropecuaria de 2010, el 51 por ciento del área cosechada correspondió a unidades campesinas, a pesar de que estas unidades sólo poseían el 23 por ciento del área para el 2010.



Fuente: DANE-ENA-2010

Con el paso del tiempo estas situaciones han conllevado a una sub-utilización de las tierras aptas para agricultura: 21,5 millones ha. en el 2000 Vs. 4.2 millones para el 2010 y una sobre-utilización en tierras aptas para ganadería: 14.3 millones ha. en el 2000 Vs 39 millones en el 2010.

Además los bajos rendimientos por unidad de tierra, causados por la falta de conocimientos adecuados. En Colombia para 2010, los rendimientos promedio en kilogramos por hectárea son los siguientes: arroz: 3189; frijol: 712; maíz: 3288; papas: 13561; soya: 2472; trigo: 2090. Estos bajos rendimientos son el reflejo de la ocurrencia de errores que ocurren en el proceso productivo. Para corregir muchos de ellos se requiere apenas adoptar, en forma correcta y gradualizada, tecnologías sencillas que requieren conocimientos adecuados que dependen del "cómo hacer" que dé "con qué hacer". Lo anterior suele ser consecuencia de que la mayoría de los plantadores utilizan semillas genéticamente erosionadas y contaminadas con patógenos, no hacen test de germinación, no siembran en la época adecuada y con densidad y profundidad correctas, no eliminan las malezas en el momento oportuno, no hacen rotación de cultivos y tienen importantes pérdidas antes y durante la cosecha. En este

caso, a excepción de las semillas, todas las demás correcciones dependen apenas de que los productores sean concienciados y capacitados; es decir las correcciones dependen mucho más de insumos intelectuales que de insumos materiales. Es así como tierras disponibles si hay, aunque ocultan varios problemas: dueños, calidad, infraestructura, relación con el mercado, propósito de la propiedad, informalidad, derechos de propiedad, etc. ⁸

Otra cantidad de factores que merecen contexto nacional se describen a continuación, partiendo del pobre nivel de empresarismo con poca implementación de normas de competencia laboral y baja asociatividad que generan un alto grado de dispersión y atomización de los productores, provocando a su vez, alto nivel de intermediación en la comercialización de los bienes, costos altos, no incorporación de valor a las cosechas, pérdida de economías de escala.

También como factor importante se tiene la cultura inadecuada de agricultura sin buenas prácticas de producción donde se desconocen por parte del campesino los tipos de suelo debido a que las pruebas en laboratorios especializadas son costosas (Vergara 2005), implicando sembrar una serie de cultivos sin haber realizado enmiendas al suelo para normalizarlo, de manera que el cultivo genera muchos gastos de sostenimiento a mediano plazo, lo que se traduce en una falta de productividad y de capacidad de los suelos por falta de los nutrientes necesarios que cada cultivo en específico requiere sumado a la carencia y bajo uso de material vegetal certificado. ⁹

Como parte incluyente, la investigación en el campo, la educación adecuada, específica y continua del campesino sigue siendo una debilidad del estado a nivel nacional (DOFA SENA 2009); como garantía de sostenibilidad del sector agropecuario en Colombia se hace menester garantizar unos mínimos requisitos de calidad que tengan en cuenta una cantidad de factores que influyen en el buen desarrollo de los cultivos como el clima adecuado, el tipo de suelo, la generación de semillas propias en viveros, los agroquímicos utilizados, la cantidad de aguas, las formas de sembrar, las acciones culturales del cultivo, los momentos de poda, los ciclos de corte y otras variables más para garantizar la producción, recolección, empaque, almacenamiento y venta de frutas y hortalizas. Complementando lo anterior, con un sistema desactualizado y desincronizado a nivel país que provoca alzas inusitadas de cosechas como también momentos elevados de escasez, generando una variabilidad tal que se vuelve imposible hacer control sobre los precios del mercado (CCI 2008), cuando depende de esquemas planificados y bien contruidos el hecho de tener fruta todo el tiempo y regular así los controles de los mercados implicados, como: insumos agrícolas, precios por debajo de los costos de producción y una serie de desmotivaciones económicas que el pequeño productor las asume en costos y lo hace poco competitivo. ¹⁰

Se agrega que las formas distorsionadas cómo los agricultores adquieren los insumos y cómo venden sus excedentes. Compran los insumos al por menor, con alto valor agregado y del último eslabón de intermediación; pero cuando venden sus cosechas ocurre un giro de 180 grados y lo hacen al por mayor, sin valor agregado y al primer eslabón de la cadena. Ambas distorsiones son

eliminables mediante la capacitación y organización de los productores con propósitos empresariales. ¹¹

Logrando con ello, una falta de diversificación productiva que convierte a los agricultores en dependientes del crédito además los expone a innecesarios riesgos y vulnerabilidades de clima, enfermedades y cambios bruscos en los mercados. Para diversificar la producción agropecuaria se requiere capacitación. La diversificación y la gradualidad tecnológica, ya sea horizontal o vertical, son medidas endógenas que liberan a las familias rurales de la dependencia del crédito rural cada vez más caro y más inaccesible.

Concurren además de los anteriores, los sobredimensionamientos y ociosidades en inversiones que, en las actuales circunstancias de alto endeudamiento y baja rentabilidad, económicamente no se justifica realizarlas en forma individual o mantenerlas subutilizadas, como por ejemplo: tractores e implementos que trabajan pocas horas al año, tierras ociosas o con bajísima productividad, costosos equipos e inversiones en riego que no se traducen en altos rendimientos en virtud de graves errores tecnológicos en la conducción de los cultivos y en las técnicas de irrigación, juntas de bueyes que comen el año entero pero que pasan mucho más días descansando que trabajando, animales de elevado potencial genético cuyos bajos rendimientos son provocados principalmente por la falta de alimentos que podrían ser producidos en las propias fincas, inadecuada relación sementales/hembras, etc.

Además de una baja tecnología de producción con pocas infraestructuras sin empacadoras, cuartos de frío, cable vías, drenajes, pozos sépticos, tratamiento de aguas normales y residuales; maquinaria adecuada como podadoras, cargadores, estivas, motobombas, tractores, cortadoras, segadoras y otras maquinarias que garanticen la buena gestión del cultivo, el buen trato de la fruta, su adecuado empaque, almacenamiento y transporte (Ministerio de agricultura, 2011); ¹²

Todos estos factores en conjunto con la existencia de plagas y enfermedades de importancia cuarentenaria que impiden el acceso a los mercados internacionales como la mosca de la fruta.

A nivel de la transformación: La limitada capacidad de procesamiento de bienes de origen agropecuario donde su transformación implica un reto estresante, la garantía de materias primas e insumos, los estándares de calidad de los alimentos, proveedores a tiempo y presupuestos financieros bien llevados, hacen que sea difícil garantizar el funcionamiento continuo, de la empresas encargadas de la transformación de perecederos; es por ello, que se ha tratado de desarrollar por la cámaras de comercio, las denominadas cadenas de producción o clusters para garantizar con esas alianzas la cantidad de fruta necesaria para la transformación, para la que se exigen como se comentó anteriormente unas condiciones estandarizadas de la fruta. También aunados a un bajo nivel de tecnologías apropiadas. Los altos costos de tecnologías, de personal especializado para montarlas, de personal calificado para el manejo y el mantenimiento, infraestructura necesaria y otros; hacen en

conjunto una barrera difícil de traspasar por los pequeños empresarios con poca capacidad financiera para soportar periodos de paros o de escasez.¹³

De otro lado, en cuanto a precio, la pequeña industria no puede competir con el mercado en fresco, de forma que el agricultor recibe menos dinero por el producto a transformar. Esto obliga a que las variedades destinadas a la transformación cumplan unos requisitos para que el agricultor pueda obtener unos beneficios semejantes a los obtenidos con los productos destinados al mercado en fresco. Las características generales que interesan en estas variedades son: las que tengan mayor productividad; la de costos de producción menores (recolección mecanizada); con distintos ciclos para asegurar un período de entrega en fábrica más dilatado, dando lugar a un precio más estable a lo largo del año, evitándose así entregas puntuales masivas de producto en fábrica; concentración de la maduración: Se busca el momento en que el 80-85% de los frutos estén maduros. Para ello el agricultor utiliza distintos recursos, como la utilización de fitohormonas o bien por vía genética; frutos de gran consistencia, dado que van a ser sometidos a tratos más groseros. Es importante que posean una mayor resistencia para evitar heridas y la posterior entrada de microorganismos en el período de almacenamiento; el color y el tamaño del fruto han de ser uniformes, con un grosor de carne determinado; el desprendimiento fácil del pedúnculo, así como facilidad de pelado; si el fruto es ácido, la esterilización se verá favorecida; rico en extracto seco, mejorando el sabor; resistencia a plagas y enfermedades.¹⁴

Argumentado lo anterior es como se aumentan las carencias de paquetes tecnológicos que garanticen una oferta confiable y consistente en calidad, cantidad y precios, donde se hace poca selección de fruta desde el productor, generando una creciente producción de desecho y despacho de bienes que no llegan en buenas condiciones para el consumo humano. Al requerir conocimiento especializado, medidas especiales de higiene y seguridad industrial, mecanismos claros y procesos escritos de transformación, de manera que posibilite que los excedentes de un proceso, sea la materia prima de otro, requiere una alta dosis de riesgo en el inversionista, lo que ha frenado estos desarrollos para el país.

Así las cosas, la disminución de los terrenos de cultivos, el uso inapropiado de tierras, la concentración de tierra de los latifundistas, el poco acceso a los créditos por parte del grueso de los campesinos, y todas los factores analizados, hacen temer por un desabastecimiento del sector agrario en Colombia durante los próximos años.

De este deteriorado panorama de antecedentes no escapa el sector Hortofrutícola, el cual es pequeño con respecto al aporte del Producto interno Bruto (PIB) del país, con sólo el 0.8% según el DANE.

Como sector el Hortofrutícola tiene en la gran industria el 75.4% de los activos y el 71.8% de las ventas de frutas a nivel nacional y las microempresas sólo con el 2% de las ventas y el 1.7% del valor de los activos como se observa en el cuadro 2, que guarda perfecta relación con el comportamiento económico y social de la tierra en general en Colombia y de los problemas que lo aquejan.

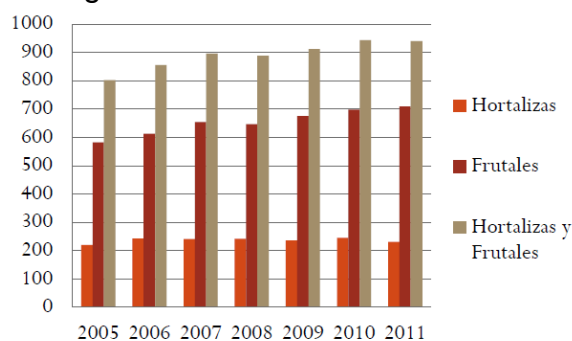
Tabla 2. Activos y ventas de la industria hortofrutícola

Tamaño empresa	No. empresas	Total Activos (\$)	Total Ventas (\$)	Part.% Activos	Part.% Ventas
Grande	13*	208,598,387,034	147,188,433,320	75.4%	71.8%
Mediana	12	41,697,894,104	32,388,079,938	15.1%	15.8%
Pequeña	43	21,425,051,409	21,256,061,047	7.7%	10.4%
Microempresa	485	4,825,653,754	4,091,641,280	1.7%	2.0%
Total	553	276,546,986,301	204,924,215,585	100.0%	100.0%

Fuente: Observatorio Agrocadenas sobre la base de CONFECÁMARAS.

En el contexto nacional, el sector de frutas y hortalizas presenta un lado positivo al disponer de una base productiva de 940 mil hectáreas en frutas y hortalizas, para el 2011 teniendo en cuenta que el área cosechada de frutas y hortalizas ha crecido a una tasa del 2,4% anual. Como los muestra la figura 3.¹⁵

Figura 3. Área cultivada en frutas



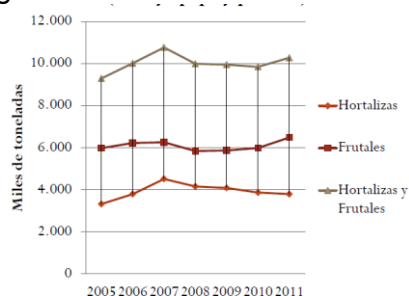
Fuente: MADR, Dirección de Política Sectorial-Grupo Sistemas de Información 2010.

En la figura 4 se encuentra que entre 2005 y 2011 la producción hortofrutícola en el territorio colombiano, pasó de 9,2 a 10,2 millones de toneladas. Pese a todos los pronósticos, la producción de frutas y hortalizas ha venido creciendo a un ritmo del 1% anual, tasa superior al crecimiento del sector agrícola que se ubicó en 0,3%.

El valor de la producción de frutas y hortalizas se encuentra estimada en \$6,4 billones creciendo a una tasa de 1,0% anual que corresponde al 0.8% del PIB.

En frutales, los cultivos que más generan volúmenes significativos en la producción nacional son: plátano (47%), cítricos (14%), piña (7%), banano (4%), aguacate (3%), mango (3%) y papaya (3%). Estos se constituyen en los cultivos que generan los volúmenes más representativos de la producción nacional frutícola, abarcando el 81%.

Figura 4 Producción hortofrutícola



Fuente: MADR, Dirección de Política Sectorial-Grupo Sistemas de Información 2010.

Los principales cultivos hortícolas en Colombia son la papa, el tomate, cebolla cabezona y junca, zanahoria y repollo que en conjunto equivalen al 93% de la oferta. Sin embargo, los que presentan mayores tasas de crecimiento son en su orden: palmito, calabacín, espinaca, rábano, lechuga y col los cuales registraron tasas superiores al 15% anual. El comportamiento del consumo aparente de frutas y hortalizas frescas revela un mercado interno relativamente dinámico, con un crecimiento promedio anual de 1.5%, jalonado tanto por la producción como por las importaciones. El consumo de frutas y hortalizas del país es sólo de (200 gr por persona día) frente a los 400 gramos día que recomienda la OMS. ¹⁶

Después del café y caña panelera, la hortofrutícola es el renglón que más aporta a la generación de empleo por ser altamente intensivo en el uso de la mano de obra. En el 2011 el subsector generó 532 mil empleos directos y 1.303 mil empleos indirectos.

Un estudio adelantado por la Universidad de Antioquia en el año 2007 determinó que las hortalizas de mayor demanda son tomate, lechuga, cebolla junca, cebolla cabezona, zanahoria, entre otras, en contraste, las frutas varían según la región, sin embargo predominan naranja, banano, piña, guayaba, tomate de árbol, entre otras. ¹⁷

La caracterización del consumo en las regiones, en términos de cifras, deja un buen balance para las frutas, ya que el porcentaje de personas que las consumen está entre 60 y 74 por ciento, mientras que las hortalizas y hortalizas apenas son consumidas entre 24 y 33 por ciento de las personas, según datos arrojados por la encuesta nacional de la situación nutricional en Colombia (ENSIN) 2005. ¹⁸

Pero este lado positivo contrasta con los problemas que tiene el sector de frutas y hortalizas que se podrían resumir así:

A nivel de la comercialización se presentan una serie de situaciones que condicionan los mercados a lo local y que obliga a realizar muy altas inversiones para pensar en alto valor agregado y exportaciones: Baja disponibilidad de producto con oferta exportable; carencia de un sistema eficaz de inteligencia de mercados que permita establecer vínculos reales entre productores y compradores en el mercado local y externo; obsoleto sistema de transporte donde se tienen sin ningún acondicionamiento jeeps, escaleras,

carros de carga, furgonetas y automóviles de todo tipo; altos costos de la operación logística de distribución (exceso de intermediarios); bajo consumo per cápita en Colombia de productos procesados de frutas y hortalizas.¹⁹

Para que la cadena de frutas y hortalizas sea productiva estos elementos condicionan un mejoramiento continuo en transportes, embalajes, empaques y descargue para minimizar pérdidas de producto, impactos sociales y gastos económicos elevados, pero como factores externos requieren de una intervención estatal que genere alianzas en la cadena Hortofrutícola y puedan reducir los costos para implementar programas de calidad.

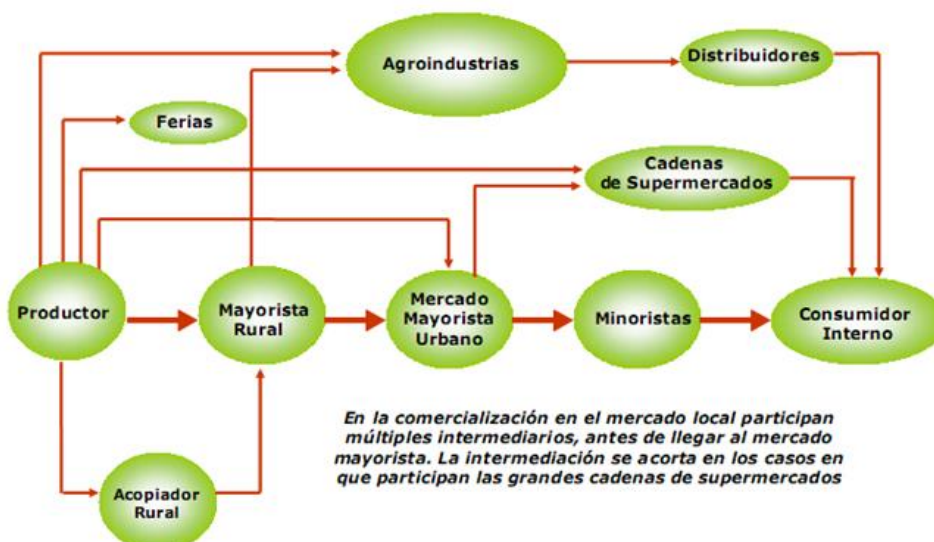
Además de estos temas aparecen variables externas e impactos ambientales producidos por la globalización de los mercados como son: la introducción de nuevos países emergentes con oferta de frutas y hortalizas en las variedades que produce Colombia como Ecuador, Brasil y otros; baja disponibilidad de recursos para la promoción de productos frutícolas en el exterior; los servicios de información especializada en frutas y hortalizas, especialmente en las áreas de calidad, información y asesoría empresarial son muy incipientes si los hay; los retos del cambio climático: la dependencia de los combustible fósiles, diferentes acciones para tratar el agua y conservarla, esquemas de agricultura orgánica, estas son algunas de las actividades nuevas que tendrá que implementar el pequeño productor para compensar los efectos del cambio climático, que según Stiglitz, sus consecuencias apenas se están viendo y serán peores que una guerra mundial.²⁰

En el contexto mundial, en otros países las centrales de abasto son competitivas porque sus instalaciones fueron planeadas y operan con un enfoque logístico, manejan productos estandarizados, su actividad es únicamente mayorista, manejan la cadena de frío, cuentan con reglamentos que son estrictamente observados por los empresarios y agregan valor a los productos que ahí se comercializan.

En el caso de Colombia esa planeación de existir, deja muchos bemoles y contradicciones, pero si se tiene que el papel desempeñado por las Centrales de Abasto como concentrador o acopiador de bienes agrícolas, donde la población en general encuentra alimentos en calidad y cantidad óptimas, es sin duda un asunto primordial y una de las razones que reflejan su importancia, además de ocupar una posición relevante en la cadena agroalimentaria porque comercializa parte importante de los alimentos que se producen en distintas zonas del país y a su vez son la principal fuente que abastece a los canales minoristas tradicionales como: mercados públicos, tiendas de abarrotes, verdulerías, fruterías, así como a restaurantes, hoteles, hospitales, comedores industriales, entre otros.

No obstante, estos establecimientos han perdido participación y están rezagando su capacidad para integrar cadenas agroalimentarias de manera eficiente. En la figura 5 se muestra la cadena de intermediación que hace encarecer los productos al consumidor final.²¹

Figura 5. Cadena productiva del mango. Intermediaciones



Fuente: Mangos fed. 2009.

Con el crecimiento del consumo de frutas y hortalizas que es directamente proporcional al crecimiento de la población, se involucra a su vez una alta generación de residuos orgánicos, cambiando la caracterización de los residuos sólidos que son dispuestos en los rellenos sanitarios por las empresas de aseo, rellenos que se crearon como alternativa de disposición final de los mismos, hasta este momento sin generar valor en ellos. Es de anotar con lo anterior que la poca selección o separación en la fuente de las residencias y negocios comerciales se ve truncada por los tipos de carros que desempeñan la labor de recolección, ya que al compactar todos los residuos, contaminan los orgánicos que después no se pueden reciclar ni valorizar.

Existen otras limitantes como el desarraigo de la cultura campesina, la penetración cultural de mecanismos de consumo emergentes y la falta de claridad de una política de seguridad alimentaria que medie la producción de alimentos contra la producción de energías renovables de primera generación que chocan contra la alimentación básica de los hogares pero aún con este contexto desfavorable, se espera que el sector hortofrutícola pueda desempeñar un papel dinamizador importante en lo económico y social, por su efecto en la integración de la producción primaria con el eslabón industrial, en la generación de empleo, incremento en la productividad agrícola y el desarrollo tecnológico y empresarial del sector. ²²

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Central Mayorista de Antioquia (CMA) se encuentra ubicada en el barrio Santa María del municipio de Itagüí, posee un área total de 288.015 m², donde están construidos 29 bloques destinados para albergar a comerciantes, que de acuerdo a su actividad económica se clasifican de la siguiente manera: 17 de supermercados y abarrotes, 6 de productos perecederos, 5 de servicios complementarios, un bloque destinado como reserva de parqueadero y un bloque de la administración que está reglamentada como propiedad horizontal. (Reseña CMA, 2010).²³

Foto 1 Toma aérea de la CMA



Fuente: Foto flicker.com

En la foto se muestran los bloques y el detalle del tamaño al interior de la CMA que como centro de acopio de productos agrícolas y comercializador mayorista de abarrotes su labor consiste en la recepción y almacenamiento de productos para luego seleccionarlos y alistarlos para la venta.

En el tema específico de la generación de residuos sólidos, Colombia tiene 1.025 municipios menores de 40.000 habitantes, que suman una población de 9.325.498 y que producen un total de 3.598 t/día o sea un promedio de 3.5 t/día municipio, la CMA se comporta por tamaño de generación como 15 municipios promedio diariamente entre 45 y 48 toneladas para 2010 según el centro de estadística de la CMA, de los cuales 29 toneladas son residuos orgánicos representados en frutas y hortalizas de las cuales las más abundantes por volumen de residuo fueron identificadas las frutas de mango y banano representando el 7% y el 5% respectivamente y por otra parte 16 toneladas de inorgánicos (papel, plástico, cartón, vidrio, entre otros), que podrían ser reutilizados o aprovechados, si comparamos cifras, la CMA genera 3 veces más residuos sólidos que el municipio de Envigado.²⁴

De otro lado en cuanto a la cantidad de población flotante concentra entre 30 y 33 mil personas diarias, más grande que el municipio de Sabaneta; trabajan 8.000 empleados, 1.100 comerciantes y 2.000 cotereros; además moviliza 9.551 automóviles, 2.280 vehículos de carga, 3.921 motocicletas y 3.398 vehículos de servicio público. (Reseña CMA, 2010).²⁵

Existen dentro de la CMA una cantidad de factores internos que afectan la comercialización de frutas y hortalizas como:

El volumen alto de pérdidas en frutas y hortalizas debido a labores de cargue y descargue, como se muestra en las fotografías, después de terminado el descargue al lado de los carros quedan unas cantidades de residuos en la calle y no ubicados dentro de las canecas que se disponen para ello, este hecho es común en los galpones hortofrutícolas de la CMA.²⁶

Foto 2 Muestras de mal descargue



Fuente: Autor. Fotos tomadas en Diciembre de 2010.

También la tendencia de almacenamiento al aire libre de productos, va en contravía de las recomendaciones de consumo fresco; en la fotografía se observa como este mostrario se encuentra con frutas pero al aire libre, que al no tener cuartos de frío, al recibir el sol, el smog de los carros y la contaminación del ambiente, acelera la maduración y la pérdida de fruta.²⁷

Foto 3 Ventero del bloque 17



Fuente: Autor. Foto tomada en diciembre de 2010.

Además de lo anterior, la Infraestructura débil para el sector donde pocas condiciones garantizan un buen almacenamiento por parte del comerciante; nivel educativo medio del comerciante que no contempla elementos para el buen cuidado de la fruta; en la foto se observa en un pequeño local ubicado en el bloque 16 denominado las Malvinas, como no tiene ningún tipo de señalización, todas las frutas están al aire libre, expuestas sin cuartos de fríos, ni etiquetas, ni empaques, ni bolsas de protección, con balanzas antiguas de medida y además la fruta arrumada permiten el amallagamiento de las que reciben el peso de las de arriba.²⁸

Foto 4 Ventero de frutas Bloque 16 Las Malvinas



Fuente: Panorámico Bloque 16 Las Malvinas.

Sumados a ello, los atasques vehiculares por represamiento de carros de carga que implican amallagamientos de fruta y aceleramiento de su maduración el aumento de temperatura ocasionado en la fruta. ²⁹

Foto 5 Acarreos en día normal



Fuente: Autor 2010.

Un punto importante y además diseminador es la poca conciencia ambiental de parte de los actores de la cadena hortofrutícola con un manejo deficiente de residuos orgánicos que involucra mala separación en la fuente, recolección irregular, selección sin estándares y disposición de residuo orgánicos en cantidad y sin ninguna transformación a fuerza del PMIR de la CMA que está bien documentado y con buenos oficios.

Foto 6 Canecas cerca de la estación de paso



Foto autor. Tomada en diciembre de 2010

Cuando se suman esta serie de factores internos que impiden a la CMA ser un atractivo comercial como: el detrimento de la atmósfera respirable por la concentración de personas y vehículos; crecimiento de vectores de posible transmisión de enfermedades zoonóticas como roedores; malos olores por falta de buenas maneras de separación en la fuente de residuos y otros; se observa en las anteriores fotografías que aunque el material está arrinconado en las canecas, al estar al aire libre, genera malos olores, también proliferación de mosquitos y ratas, que buscan comerse los residuos.³⁰

Se desarrollan entonces, según lo mencionado y sumando los factores internos, unas fallas del mercado que se convierten en externalidades compartidas según los actores, con un comportamiento económico y ambiental que vale la pena analizar y que es el problema del proyecto.³¹

Para los comerciantes: En el contexto de la CMA los comerciantes son los dueños de las frutas y hortalizas que se venden y además deben lidiar con una pérdida agregada explicada en los fallos de la producción manifiestos y que implica un desperdicio de fruta en el descargue de hasta un 30% de la carga, según el centro de estadística de la CMA; siendo esta la primera externalidad que se deriva del proceso de la cadena de abastecimiento hasta el comercializador mayorista; esta falla del mercado la termina pagando el comerciante que no gana lo esperado, el usuario que asiste a la central porque compra fruta cara o el cliente minorista que les compra fruta para revender.

Para la administración de la CMA. En el proceso de comercialización se realizan unas actividades como selección, almacenamiento, cargue desde la bodega al carro transportador y descargue al minorista, en las que se producen pérdidas de fruta en cada una de ellas, generando una mayor cantidad de residuos sólidos orgánicos que aumentan los pesos del residuo total que paga la Administración, a las empresas de aseo, por su recolección y que implican cargar los rellenos sanitarios con altos volúmenes de residuos sólidos orgánicos, agregando una gran contaminación ambiental que es una externalidad indirecta que la pagamos todos los habitantes del planeta, por sus efectos globales de calentamiento cuya mitigación se vuelve costosa y a veces incalculable. En tanto, la Administración de la CMA cobra una tasa fija, que no depende del peso de la generación individual de residuos, lo que produce la otra externalidad, en la que, los costos de generación adicional e incremental individual lo deben asumir entre todos desde la Administración; lo que desdibuja el papel regulador y de control de la misma, descargando así, el comerciante su responsabilidad de pagar el residuo que genera, es decir, la mayoría paga lo que pocos producen, incrementando la cantidad de productos para desechar y disponer, que a su vez aumenta los costos de gestión, manejo y disposición final y la tasa de aseo pagada por la Administración de la CMA hacia las empresas de recolección, mas no, para el comerciante que lo produce. Con esta externalidad en particular se sugieren dos formas de minimizarla, la primera de ellas sería un efecto piguviano de tasa proporcional a la generación, instituyendo un mayor valor a los generadores por encima del promedio, y con pagos diferenciales dependiendo del peso, esta medida se sugiere a la CMA para su posterior desarrollo. La segunda de ellas, se trata de generar valorización a los residuos orgánicos, donde se valoricen los residuos

de mango y banano por ser estos los más abundantes, de esta propuesta el equipo de la Maestría desarrollará los modelos matemáticos para que el sistema quede optimizado y propondrá este modelo a la CMA para su inversión y desarrollo.

Para la sociedad y el Medioambiente; Al aumentar el volumen de residuos, aumenta la cantidad descargada en el relleno que carga los costos ambientales de su degradación, convirtiendo ese efecto en la externalidad última que le queda a la sociedad y a la naturaleza que paga altos costos por deterioro medioambiental.

La administración de la CMA en diferentes oportunidades ha intentado resolver la situación, pero ha invertido en alternativas prometedoras pero poco sostenibles. Un ejemplo de ello es la estación de paso que se diseñó con tecnología apropiada -que se da porque la recolección dentro de la central mayorista se hace de forma manual- que aparece en las fotografías y a la cual se le invirtieron mil millones, consistente en una máquina trituradora y un almacenamiento básico sin ninguna selección lo que dio al traste con la verdadera necesidad que era disminuir volumen y peso y tratar de darle a los residuos orgánicos una primera fase de reciclaje pero se convirtió en un reservorio de basura que diariamente Empresas Varias de Medellín y Enviaseo recogen en unos contenedores llevados al Guacal que es el relleno del municipio de Angelópolis, esta estación de paso está mal ubicada debido a que bloquea la circulación normal, ocasionando trancones y pérdidas. También se mostrará el plano de la solución inicial.³²

Foto 7 Estación de paso de la CMA



Fotos Autor Tomadas en diciembre de 2010

Después de esta solución que no respondió a las expectativas, se hace necesario promover una respuesta de los diferentes grupos de interés como son:

La Administración de la CMA, comerciantes dueños de bodegas, comerciantes en alquiler, inversionistas, clientes y sociedad en general, dentro de la CMA para que se reduzca el costo creciente de la externalidad dando una valorización a los residuos orgánicos generados.

Con todo el panorama de lo expuesto, se crean dilemas de no fácil solución como los siguientes:

¿Dónde ubicar un sitio para la construcción de una estación de transferencia con poco dinero y poca área y con limitantes de transporte?

¿Dónde ubicar los residuos orgánicos para su aprovechamiento y cuáles procesos adicionales se pueden incorporar?

¿Cuál debe ser el modelo de separación en la fuente de residuos orgánicos?

¿Cómo tecnificar el sistema manual y como incorporar maquinaria con procesos de transformación de los residuos orgánicos de mango y banano?

¿Será necesario traer las máquinas, hacer montaje y estudiar la producción de los subproductos del aprovechamiento?, en otras palabras, trabajar al ensayo o el error.

¿Cuál herramienta me permite ver la sostenibilidad de los procesos de aprovechamiento para tomar la decisión de invertir, antes de generar la inversión?

Es por eso, que el equipo de Maestría propone un **modelo económico matemático** que prospecte el mejor escenario posible, tratando de eliminar el alto grado de incertidumbre para los grupos de interés; aprovechando valorizar parte del volumen generado de residuos orgánicos de mango y banano, que explique cuáles son los procesos de desarrollo sostenible que se debieran organizar y producir con una rentabilidad social y financiera, mitigando así la contaminación y promoviendo una nueva forma de considerar el residuo.

De lo anterior, y teniendo en cuenta que los procesos no son lineales en un planeta finito donde el manejo de los residuos orgánicos es una posibilidad y la valoración de los residuos es otra; surge la pregunta de investigación, ¿Existe un modelo económico que decida cuáles, entre unos procesos propuestos de aprovechamiento de los residuos orgánicos de mango y banano, deben de ser los óptimos; formulados con las bases de los criterios de desarrollo sostenible, dentro de la comercialización en la CMA?

2. OBJETIVOS

2.1 GENERAL

Diseñar y medir a través de un modelo económico que muestre los costos de aprovechamiento y/o reciclaje para los residuos orgánicos de banano y mango generados en la Central Mayorista de Antioquia.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Describir los procesos de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos de mango y banano.

Caracterizar los residuos orgánicos de productos a bananos y mangos.

Identificar la carga y la cantidad, analizando los costos de inversión y la utilidad por tonelada en toda la cadena para efectos de modelamiento.

Modelar el proceso de valoración de los residuos de productos y los subproductos factibles en el aprovechamiento de la materia orgánica.

3. JUSTIFICACIÓN

Este trabajo tiene el propósito de modelar matemáticamente los procesos alternativos de solución a la externalidad producida por los comerciantes de frutas y hortalizas, desde la producción incremental de residuos orgánicos de la CMA que la transfieren como responsabilidad de todos los comerciantes a cargo de la Administración de la CMA como propiedad horizontal que dicho sea de paso, por sus características se distinguen por ser voluminosos, pesados y costosos en cuanto a su manejo y gestión. Es así, como la heterogeneidad de las posibilidades de utilización y de uso agrícola e industrial de las formas de aprovechamiento y de numerosos subproductos de los residuos orgánicos de mango y de banano, justifica la realización de modelos matemáticos para optimizar su aprovechamiento, evitando así, su mera acumulación sin ningún destino práctico. Se hace necesario cuantificar y modelar para identificar mejores alternativas de solución a una serie de preguntas de los inversionistas y de la administración de la CMA como controladora del gasto.

De un lado, en el proceso de comercialización de las frutas, se generan muchos residuos orgánicos, muchos de los cuales son reutilizables, reciclables o aprovechables. Los procesos de aprovechamiento y reciclaje de los residuos orgánicos, dependen de la aplicación de nuevas tecnologías destinadas a realizar una mejor utilización y uso de los mismos. Además del impacto económico por la generación de empleo, la venta de los subproductos de los procesos de aprovechamiento podrían subvencionar otros procesos que no son rentables pero si ambientalmente sostenibles como el compostaje.³³

Otro lado insinúa que existen varios impactos desde la perspectiva de sostenibilidad de este proyecto, siempre y cuando se realice la inversión y se desarrolle como se sugiere en el modelo matemático, para la cual se condicionó y sustentó, como son:³⁴

Sostenibilidad ecológica: Aprovechando parte de los residuos generados se minimiza la destrucción del entorno al ahorrar materias primas, ayudando a conservar y reducir la demanda de recursos naturales (bosque, agua, suelo, aire, flora, fauna, etc.) y al mismo tiempo se protege el ecosistema, toda vez que se disponen menos residuos orgánicos en el relleno, ocasionando una cascada de efectos como: menos gas metano producido en la descomposición de los residuos orgánicos, menos olores de descomposición, cuidado de suelos por ocupación de menor área en el relleno, ahorro de combustibles por el transporte necesario hasta la disposición final, menor cantidad de lixiviados, mejoramiento del saneamiento ambiental (agua potable, manejo de aguas servidas, disposición y tratamiento de excretas, manejo de basuras, etc.) y otros; mitigando así el fenómeno del calentamiento global.

Además se contribuye a disminuir la reproducción de bichos y roedores que a su vez para su eliminación requieren pesticidas, raticidas y manejo especializado. Otro componente es la reducción del peso y volumen de los residuos orgánicos de banano y mango que a su vez implican un mejor manejo

y gestión, además de un menor costo de tasa de aseo, que minimiza la externalidad producida por los generadores de residuos orgánicos.

Sostenibilidad social: Indicando de forma pedagógica a cada uno de los actores de la cadena de suministro de productos hortofrutícolas los benéficos que este proyecto implica para los campesinos, transportadores, cargadores, comerciantes mayoristas, comerciantes minoristas y clientes. Entonces, en la medida en que los comerciantes mayoristas, comiencen a valorar los residuos, a su vez se expandirá el criterio a los demás actores y convergerá en un manejo asociado de las necesidades comunes, esta es una forma de fortalecimiento de nuevas estructuras que tienen incidencia en la sociedad a mediano plazo.

Sostenibilidad política: Desde la perspectiva de la administración de la CMA como gobernanza de los comerciantes, aumentaría su posicionamiento en la dinámica de ser capaz de proveer este tipo de soluciones de impacto tanto económico como social y ambiental, porque disminuye su externalidad y puede proveer de infraestructura moderna (Capital construido) y defender el capital natural y además implementa un criterio de responsabilidad planetaria de la CMA.

Sostenibilidad cultural: Sensibilizando a las poblaciones que serán los beneficiarios por la obtención de productos reciclados y a los que se les demostrará la inocuidad y las buenas prácticas de manufactura que se le aplican a los procesos y no teman comprar estos productos o recibirlos en donación, según fuera el caso.

También se propondrá a esas poblaciones una ética de valores propicios para cuidar el medioambiente. Estas medidas serán las iniciativas para la creación de una cultura del reciclaje y un cambio de perspectiva en la percepción del residuo.

Sostenibilidad educativa: Invitando a las escuelas y los jardines de la región para conocer los procesos de la CMA con el fin de proveer de conocimientos mínimos a la sociedad en general que representará en el futuro unos nuevos criterios de sostenibilidad.

Sostenibilidad económica: El modelo matemático, determinará cuales procesos de una serie propuesta son los que generan rentabilidades económicas y cuales, otro tipo de rentabilidad como la social o la ecológica. La pretensión sería que unos procesos generen rentabilidad financiera o económica, para poder sostener los que producen otro tipo de rentabilidad. El aprovechamiento tiene un potencial económico, ya que los materiales recuperados son materias primas que pueden ser comercializadas.

Otra parte de esta economía se dará en los aumentos de los ahorros con respecto al gasto de materiales y por ende de servicios ambientales y por último la disminución de la cantidad de residuos en el relleno que mitiga los

efectos de calentamiento global y reduce la contaminación y los daños colaterales, olores, lixiviados, brotes de focos infecciosos y otros.

Sostenibilidad institucional: El montaje de este proyecto representa una legitimación y apropiación por parte de la CMA que es una entidad privada, para ayudar a contribuir al estado a satisfacer las necesidades de la sociedad con criterios de sostenibilidad.

Toda esta cantidad de criterios hacen que inicialmente el modelo matemático y posteriormente el montaje de sus resultados sea un cuerpo probatorio de sus bondades y buenos oficios para reducir no sólo la externalidad financiera sino producir todas las sostenibilidades expuestas.

También Enrique Leff en sus aportes sobre - “La racionalidad ambiental, como construcción social y realización de un potencial, puede ser “actualizada” por el saber, la acción social y las relaciones de otredad, no por un proceso evolutivo de la naturaleza. La racionalidad ambiental emerge de las potencialidades y posibilidades contenidas en diferentes procesos materiales, órdenes ontológicos y formaciones simbólicas: potenciales ecológicos, significados culturales, desarrollos tecnológicos, estrategias políticas y cambios sociales. Estos procesos de construcción de una sociedad ecológica son movilizados por un saber que constituye a los actores sociales del ambientalismo, que generan el cambio social y la transición hacia la sustentabilidad. Así, el concepto de racionalidad ambiental como síntesis de valores, racionalidades y sentidos civilizatorios, expresa lo real como potencia de lo que puede “llegar a ser” en la realidad.” – permite inferir que los cambios al tratar de modelar ciertos comportamientos no lineales de los procesos de valoración de residuos orgánicos son una alternativa, no la única de mejorar esos saberes y potencialidades ambientales.

4. MARCO TEÓRICO

Este proyecto en sus objetivos involucra los conceptos de desarrollo sostenible como también las dimensiones de la sostenibilidad que en adelante se desarrollan.

4.1 DESARROLLO SOSTENIBLE

Existen una serie de definiciones sobre el desarrollo sostenible que dependen de los contextos, se describen a continuación algunas de ellas:

“El desarrollo sostenible representa un modelo de crecimiento económico global que satisface las necesidades actuales de la humanidad sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. El desarrollo sostenible implica que los recursos naturales sean utilizados adecuada y racionalmente sin poner en riesgo la integridad de los ecosistemas”.³⁵

Una economía sostenible requiere "establecer relaciones entre los sistemas económicos humanos dinámicos y los sistemas ecológicos, más grandes y también dinámicos de tal forma que se garantice que la vida humana pueda continuar indefinidamente; que los individuos puedan prosperar; donde las culturas humanas puedan desarrollarse y donde los efectos de las actividades humanas se mantengan dentro de ciertos límites de tal manera que no se destruya la diversidad, la complejidad y la función del sistema ecológico que da soporte a la vida". (R. Constanza, 1991).³⁶

“La sostenibilidad es una relación entre los sistemas humano y ecológico que permite mejorar y desarrollar la calidad de vida, manteniendo, al mismo tiempo, la estructura, las funciones y la diversidad de los sistemas que sustentan la vida” (Ropke, 2005).³⁷

Este concepto de sostenibilidad alinea a los países a acabar con la pobreza y los induce a la preservación de los ecosistemas, para garantizar la justicia respecto de las generaciones actuales y futuras, con los siguientes principios:

- Responsabilidad con respecto de los sistemas vivos,
- Solidaridad con respecto de todos los seres humanos
- Economía de los recursos naturales y del trabajo humano.

Dentro de los principios que se argumentan en esta perspectiva, hay uno que engloba este proyecto que es el de la economía de los recursos naturales por medio de la sustitución, toda vez que cuando se recicla se obtiene menos necesidad de utilizar materias primas nuevas y por tanto se logra mantener el stock del capital natural.

La redefinición de la satisfacción de las necesidades y aspiraciones humanas, principalmente de las capas más pobres de la población, en los países en desarrollo, que no tienen sus necesidades básicas atendidas, tales como alimentación, vestuario, habitación y empleo son un reto de las políticas sostenibles en el mundo entero.³⁸

La tecnología disponible actualmente y la organización social representan límites impuestos a la capacidad del medio ambiente para suplir las necesidades de las generaciones presentes y futuras. El reconocimiento de las necesidades de transformación progresiva de la economía y de la sociedad, como un elemento fundamental, una vez que se caracteriza como el factor principal que condiciona la consecución del desarrollo sustentable.³⁹

Es por eso que hacer aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos de forma general amplía los límites de la visión tanto del aprovechamiento como un modo de valorizar recursos que eran considerados desechos y además impacta el stock de capital natural al disminuir el gasto de recursos naturales. También es importante agregar la conciencia ambiental que se le debe imprimir a los consumidores de los subproductos del aprovechamiento ya que las personas no están acostumbradas a comprar estos bienes.

4. 1.1 Objetivos del desarrollo sostenible.

El desarrollo sostenible tiene unos objetivos que se enmarcan perfectamente en el Informe Brundtland que define siete objetivos de carácter global, interrelacionados mutuamente: ⁴⁰

- Reactivar el crecimiento.
- Modificar la calidad del crecimiento.
- Atender a las necesidades humanas
- Asegurar niveles sustentables de población.
- Conservar y mejorar la base de los recursos.
- Reorientar la tecnología.
- Incorporar el ambiente y la economía en los procesos de decisión.

Algunos autores han añadido objetivos como RATTER (1992) con: ⁴¹

- Educación básica para todos, con la erradicación del analfabetismo, que es el principal responsable por la transmisión constante del conjunto de normas, reglas y valores, definiendo actitudes, creencias y el comportamiento de la sociedad
- Estructuración del poder político, que promueva opciones en términos de distribución de riqueza y de acceso a ellas.

4. 1.2 Dimensiones de la sostenibilidad. ⁴²

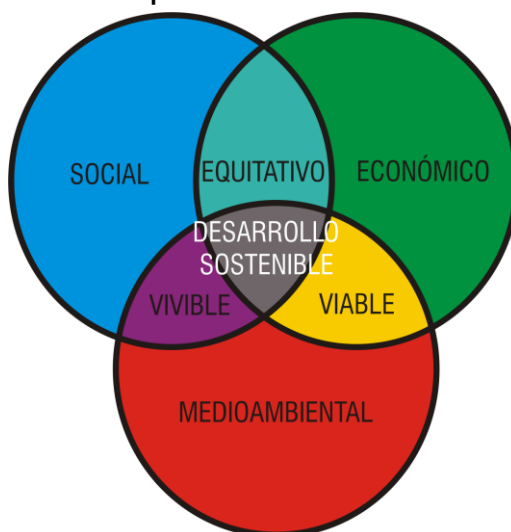
4.1.2.1 Sostenibilidad social. “La sostenibilidad social sólo podrá resultar del desarrollo cualitativo y no del crecimiento cuantitativo, de la redistribución de renta y de estabilidad de la población que, a su vez, sólo podrá ser alcanzado con intensa y sistemática participación de la sociedad civil” GOODLAND (1994). Está asociado a la reducción de la pobreza como su principal meta pues, lo único que se constata actualmente, es que ésta es creciente, a pesar de las tasas positivas de crecimiento económico.

4.1.2.2 Sostenibilidad económica. “La cantidad de sus ingresos que se podrían consumir, con el propósito de generar renta futura. Como capital era entendido, todo el stock de bienes negociables en propiedad del comerciante” GOODLAND (1994). El Premio Nobel en Economía, Sir. John Hicks, 1946, definía renta como “la cantidad de capital financiero o natural que se puede consumir durante un período y permanecer tan bien como en el inicio del período”. Noción del bienestar asociado al mantenimiento del stock de capital intacto.

4.1.2.3 Sostenibilidad ambiental. Es el mantenimiento de los sistemas de soporte de la vida, o sea, preservar la integridad de los subsistemas ecológicos que son críticos para la estabilidad del ecosistema global, protegiendo igualmente las fuentes de materias primas necesarias para mejorar el bienestar humano.

Se evidencia la interdependencia entre la sustentabilidad ambiental, social y económica desde el momento que una no es efectiva sin la complementariedad de las demás. De esta forma se puede considerar que el capital natural es el elemento común a todos ellos, representando por ello, uno de los mayores desafíos de la sustentabilidad. Para esto, “la humanidad debe aprender a vivir dentro de los límites del medio ambiente físico, como proveedor de insumos y receptor de residuos” (GOODLAND, 1994, p.277).

Figura 6. Concepto de desarrollo sostenible



Fuente: Goodland. Development. 1994

4.1.3 Concepto de Externalidad.

En una primera aproximación Bator (1958) define externalidad como parte de un concepto más amplio que llamó fallas de mercado. Su análisis también incluía problemas del mercado que se alejaban mucho del concepto de externalidad, en particular a las causas que generaban a cada uno de éstos y a las soluciones que se proponen para resolverlos. ⁴³

Treinta años después, Baumol y Oates (1988), proponen que una externalidad se manifiesta siempre que la utilidad o producción de un agente económico incluye variables reales cuyos valores son elegidos por otros individuos sin prestar atención sobre los efectos en bienestar de los primeros. ⁴⁴

Esta definición permite diferenciar el concepto de externalidad con el de externalidad pecuniaria. Una externalidad pecuniaria es aquella en donde la actividad de un individuo afecta las circunstancias monetarias de otro; o alternativamente afecta la restricción presupuestaria de otro. Esta por lo general se manifiesta cuando hay cambios en precios de bienes en la economía y, a diferencia de una externalidad real, no desplaza la función de utilidad o producción de otro individuo. Por ejemplo, un aumento de la demanda por pantalones aumenta el precio de la tela, y esto afecta el bienestar de los vendedores de camisas. En consecuencia, una externalidad pecuniaria no produce ineficiencias en la asignación de los recursos bajo competencia, ya que los cambios en el bienestar de los individuos son netamente transferencias de riqueza que se producen como respuestas óptimas ante cambios en el entorno, y no por cambios en la tecnología de producción o en la forma que los individuos valoran los bienes.

Además, las externalidades no pecuniarias pueden ser públicas o privadas. Las externalidades públicas o inagotables son aquellas en donde el consumo de la externalidad por parte de un individuo no afecta la disponibilidad para otros. Por ejemplo si se deja residuo en lugares públicos esto afecta simultáneamente a todos los individuos en el área, no sólo a un individuo en particular. Por esto el residuo en las calles se consideraría como un mal público. Las externalidades privadas o agotables son aquellas en donde el consumo de la externalidad por parte de un individuo reduce la disponibilidad de la externalidad para otros. Siguiendo con el mismo ejemplo del residuo, supongamos que un individuo quiere disponer su residuo en un terreno privado y deshabitado de otro individuo, luego este residuo no se podría disponer en el terreno de un tercer individuo. La diferencia con el ejemplo de la externalidad pública es que en el caso de la externalidad privada, ésta se agota a medida que los individuos son afectados por ella.

Algo importante en el ejemplo de los residuos es que el problema en la asignación de los recursos se manifiesta en dos decisiones. La primera tiene relación con la cantidad eficiente de residuo generada por los individuos y la segunda se relaciona con la elección del nivel eficiente de actividades defensivas por parte de las víctimas de la externalidad. Como actividades

defensivas se podrían considerar la compra de aromatizantes ambientales o la localización de los individuos en zonas lejanas a la fuente de la externalidad.

En la prescripción que Pigou hace para una economía competitiva y con certidumbre, la fuente de la externalidad debiera ser grabada por el daño marginal que genera, y además ninguna compensación o gravamen sobre las víctimas es necesaria. En el caso de la externalidad pública el pago que debe hacer la fuente de la externalidad refleja el daño marginal que soportan todas las víctimas, mientras que en el segundo caso la fuente de la externalidad debe pagar sólo el daño marginal que sufre un individuo.⁴⁵

Existe una situación especial en donde puede ser necesario gravar a las víctimas, y es el caso de la externalidad intercambiable, que se da cuando la víctima tiene la posibilidad de traspasar la externalidad a otro individuo. En el ejemplo del residuo, si alguien deja el residuo en el terreno de un individuo, éste tiene la opción de dejarla en el terreno de otro. A pesar de lo especial del caso, la solución al problema sigue siendo la misma: un impuesto pigouviano sobre la primera víctima que representa el daño marginal sobre la potencial segunda víctima de la externalidad. Así la primera víctima pasa a ser el nuevo generador de la externalidad. Como resultado del impuesto pigouviano, el residuo se depositará en el lugar que es más barato para la sociedad o donde genera menor daño.

Por lo general el problema de las externalidades está asociado a la no definición de derechos de propiedad, como es el caso de los recursos comunes: recursos del mar, aire. En el caso del residuo, podríamos establecer el derecho a operar de un relleno sanitario en una determinada localidad, o el derecho a generar residuos por parte de los individuos.⁴⁶

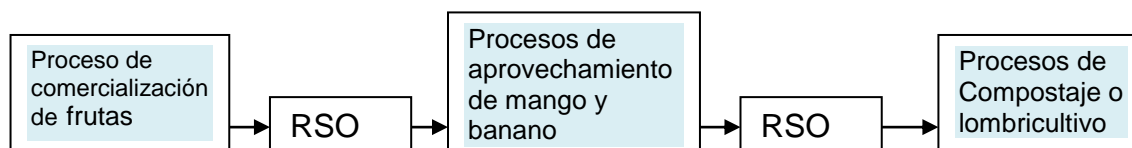
El mercado de los residuos presenta una serie de externalidades en todas sus etapas, entre ellas están los problemas sanitarios que conlleva el transporte y la imposición de un relleno en las cercanías de viviendas, el mal olor, la filtración de líquidos que podría contaminar los suelos, las aguas superficiales y subterráneas, y la propagación de enfermedades o plagas. Estos efectos externos sin lugar a dudas generan costos y es importante estimarlos.

4.1.4 Concepto de biosistemas integrados. Los biosistemas integrados son aquellos que unen dos o más sistemas biológicos para transformar los residuos orgánicos en productos de valor agregado, mediante la utilización de procesos que involucran microorganismos, organismos mayores, animales o plantas, en ellos se cumple que los productos de salida de uno de los procesos se convierte en la materia prima para el inicio del siguiente o de los siguientes procesos y proporcionan una única estrategia para crear un ambiente ecológico y saludable, a la vez que generan ingresos y empleo para la comunidad. Los Biosistemas integrados favorecen los flujos dinámicos del material y la energía, tratando las pérdidas y subproductos de una operación como entradas para otra. (Warburton, 2002). De esta manera, los alimentos para animales, los fertilizantes y los combustibles, se pueden producir con entrada mínima de recursos. Ésta es la posibilidad que ofrece la integración de los biosistemas puesto que un sólo biosistema integrado puede producir biogás, proteína

microbiana, hongos comestibles, fertilizantes, etanol, vitaminas y ácidos con diferente nivel de utilidad. ⁴⁷

Los residuos de la comercialización, son las materias primas para el aprovechamiento que a su vez generan residuos orgánicos que son la materia prima para procesos de compostaje o lombricultivo; se utilizaron las premisas y conceptos de biosistemas integrados para aplicarlos en el modelo matemático.

Figura 7 Biosistema Integrado de los procesos en la CMA



Fuente: Autores

Los principales elementos que deben incluir los biosistemas integrados en los diseños de producción sostenible:

- Reducir al máximo las entradas de recursos, volviendo a dirigir las salidas inútiles dentro del sistema. Contener los flujos de materiales dentro del sistema. Tratar la producción y el consumo como un proceso cíclico, más que lineal.
- Acortar distancias entre producción y consumo para reducir al mínimo las pérdidas, los costos de transporte, etc. y maximizar la eficacia de los procesos naturales de la conversión (por ejemplo. Descomposición microbiana) y de la retención del alimento y el agua.

Los biosistemas integrados son escalables en tamaño y en complejidad técnica y se pueden desarrollar en etapas utilizando tecnología blanda, requiriendo menor uso de recursos, gerencia e inversión de capital. Los biosistemas integrados se aprovechan de procesos ecológicos naturales como la eficacia con la cual las larvas de insectos pueden reducir una amplia variedad de materiales orgánicos y convertirlos en fuente de alto valor proteínico como alimento de peces y bovinos; (Rodríguez y Jaramillo, 2005) trabajan el concepto de biosistemas que presenta la producción de hongos comestibles utilizando como sustrato residuos de la actividad agrícola, entre ellos pulpa de café, tratamientos biológicos, etc. ⁴⁸

En este proyecto los residuos orgánicos de mango y banano son aprovechados por diferentes procesos naturales o semi-industriales que generarán unos subproductos, los cuales a su vez producirán otros residuos a los cuales se les lleva a procesos de compostaje y los residuos de estos a la disposición final. El biosistema que se diseñará tendrá como resultado abono, fertilizante, compost, humus, subproductos para el consumo humano y residuos. En este desarrollo se generan ingresos que internalizan los costos de la tasa de aseo y generan empleo como también generan un ambiente ecológico y una nueva forma de ver y trabajar los residuos.

4.1.5 Racionalidad ambiental: La degradación ambiental es el síntoma de una crisis de civilización, marcada por el predominio de la tecnología sobre la naturaleza. La cuestión ambiental problematiza las bases mismas de la producción; apunta hacia la desconstrucción del paradigma económico de la modernidad y a la construcción de una nueva racionalidad productiva, fundada en los límites de las leyes de la naturaleza, así como en los potenciales ecológicos y en la creatividad humana. Como en este proyecto donde la normal es el comercio de bienes y servicios y por ende el predominio del crecimiento económico a todo costo sin cuidar ni las externalidades producidas, ni los daños colaterales y mucho menos los impactos negativos de los esquemas normales del comercio.

La perspectiva ambiental del desarrollo emerge como una nueva visión del proceso civilizatorio de la humanidad. La crisis ambiental vino a cuestionar las bases conceptuales que han impulsado y legitimado el crecimiento económico, negando a la naturaleza. La sustentabilidad ecológica aparece como un criterio normativo para la reconstrucción del orden económico, como una condición para la sobrevivencia humana y para el logro de un desarrollo durable, problematizando los valores sociales y las bases mismas de la producción. Buscar el modelamiento anticipado para reflejar una posible alternativa de algunos procesos de valorización de los residuos orgánicos aumenta las condiciones favorables para la sobrevivencia humana y genera bases para el autocuidado de las prácticas mercantiles al interior de la CMA. ⁴⁹

4.1.6 Economía ecológica: La economía ecológica (EE) emerge como una propuesta analítica orientada a incorporar la dimensión de los conflictos ecológicos distributivos y otros lenguajes de valoración de la naturaleza. Pero en esta insurgencia coexisten –al interior de la comunidad de la EE – diferentes orientaciones y prioridades analíticas para explicar y analizar el tema de la sustentabilidad; lo que dificulta su caracterización. Kuhn (1971). Gran parte de los miembros de la EE han interpretado a esta diversidad como un atributo inherente a su carácter (inter, multi) transdisciplinario. El acercamiento del proyecto a valorizar los residuos es más una corriente de la economía ambiental pero si analizamos el carácter de sustentación del capital natural y el capital construido se infiere que es más el impacto ecológico respecto a la conservación de la naturaleza que el valor económico inherente al desarrollo de subproductos derivados de los residuos del mango y el banano. ⁵⁰

Ocasionar un cambio en el modo de pensar del comerciante capitalista frente a los residuos y como los visionan es la práctica que el equipo de maestría quiere implementar, asimilando la economía ecológica como un cambio de visión mas no una acomodación y sin desconocer el diálogo de saberes promulgado por la racionalidad ambiental.

5. NORMAS COLOMBIANAS SOBRE RESIDUOS

La normatividad en materia de residuos sólidos es amplia y extensa, tendiente a reglamentar la Gestión Integral de los Residuos Sólidos en Colombia. A continuación se resumen en orden cronológico:

5.1 NORMAS SOBRE RESIDUOS SÓLIDOS ⁵¹

Constitución Política Colombiana 1991, Es una constitución muy ecológica, establece el derecho a un medio ambiente sano.

Decreto 2202 de 1968: Reglamenta la industria y comercio de los abonos o fertilizantes químicos simples, químicos compuestos, orgánicos naturales, orgánicos reforzados, enmiendas y acondicionadores del suelo.

Decreto-Ley 2811 de 1974, Código de los Recursos Naturales, una de las normas más completas y antiguas, entre sus funciones esta mantener, preservar, recuperar los recursos naturales.

Ley 9 de 1979, Código Sanitario, establece las primeras normas sobre el manejo de los residuos sólidos urbanos.

Ley 99 de diciembre 22 de 1993 crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables y se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA. Una de las funciones del Ministerio es regular las condiciones generales para el saneamiento del medio ambiente, y el uso, manejo, aprovechamiento, conservación, restauración y recuperación de los recursos naturales, a fin de impedir, reprimir, eliminar o mitigar el impacto de actividades contaminantes, deteriorantes o destructivas del entorno o del patrimonio natural.

Ley 142 de 1994. Establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios donde se incluye el servicio público de aseo.

Política Nacional para la gestión Integral de Residuos, 1997. Contiene el diagnóstico de la situación de los residuos, los principios específicos (Gestión integrada de residuos sólidos, análisis del ciclo del producto, gestión diferenciada de residuos aprovechables y basuras, responsabilidad, planificación y gradualidad), los objetivos y metas, las estrategias y el plan de acción. Plantea como principio la reducción en el origen, aprovechamiento y valorización, el tratamiento y transformación y la disposición final controlada, cuyo objetivo fundamental es "impedir o minimizar" de la manera más eficiente, los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente que ocasionan los residuos sólidos y peligrosos, y en especial minimizar la cantidad o la peligrosidad de los que llegan a los sitios de disposición final, contribuyendo a la protección ambiental eficaz y al crecimiento económico.

Resolución 1096 de 2000. Reglamento Técnico del sector de agua potable y saneamiento básico - RAS.

Resolución 201 de 2001. Establece las condiciones para la elaboración, actualización y evaluación de los planes de gestión y resultados.

Decreto 1713 de 2002. Establece normas orientadas a reglamentar el Servicio público de aseo en el marco de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos ordinarios, en materias referentes a sus componentes, niveles, clases, modalidades, calidad, y al régimen de las personas prestadoras del servicio y de los usuarios.

Decreto 005 de enero 7 de 2003. Establece medidas de cultura ciudadana y de manejo ambiental para prevenir y evitar estados de emergencia sanitaria en la ciudad, obligando a los domicilios de Medellín a separar las basuras en recipientes que contengan diferencialmente los materiales orgánicos de los inorgánicos, a partir de enero 15 del 2003.

Decreto 1505 del 4 de junio de 2003. Modifica parcialmente el decreto 1713 de 2002 en relación con los planes de gestión integral de residuos sólidos.

Resolución 1045 del 26 de septiembre de 2003. Adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS.

Resolución 008 de 2004. Adopta el Plan Maestro para La Gestión Integral de Residuos para el Valle de Aburra.

Decreto 838 de 2005. Modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos, consideraciones ambientales sobre rellenos sanitarios, fomento a la regionalización de los rellenos sanitarios.

Resolución 074 de 2002: Establece el reglamento para la producción primaria, procesamiento, empaçado, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación y comercialización de productos agropecuarios ecológicos. El prefijo BIO únicamente puede ser utilizado en acondicionadores orgánicos registrados para agricultura ecológica, que involucren microorganismos en su composición.

Resolución ICA No. 00150 del 21 de enero de 2003. Se adopta el reglamento técnico de fertilización y acondicionadores de suelos para Colombia.

Resolución 1402 de 2006. Por la cual se desarrolla parcialmente el decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005, en materia de residuos o desechos peligrosos. Que el Congreso de la República de Colombia, aprobó el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, mediante la ley 253 del 9 de enero de 1996, publicada en el Diario Oficial No. 42.688 del 17 de enero de 1996.

Resolución Metropolitana 879 de 2007. Adopta el Manual para el Manejo Integral de Residuos en el Valle de Aburrá como instrumento de autogestión y autorregulación.

Resolución 1511 de 2010. Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Bombillas.

Resolución 1512 de 2010. Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Computadores y/o Periféricos.

Resolución 1297 de 2010. La presente resolución tiene por objeto establecer a cargo de los productores de pilas y/o acumuladores que se comercializan en el país, la obligación de formular, presentar e implementar los Sistemas de Recolección selectiva y Gestión Ambiental de Residuos De Pilas y/o Acumuladores, con el propósito de prevenir y controlar la degradación del ambiente.

5.2 DOCUMENTOS DE REFERENCIA SOBRE RESIDUOS SÓLIDOS

Contaminación Industrial en Colombia editado en 1994, en su artículo: el estado del ambiente en Colombia” realizado por Ernesto Sánchez y Carlos Herrera. 1992.

Instalación, manejo y comercialización de la Lombricultura y el Compostaje, UNICEF, SENA, Min Desarrollo, Min Ambiente, SSPD, CRA, IDEA, Embajada de Holanda, Alcaldía de Bello, medio magnético, 2001.

Manejo Integral de los Residuos Sólidos Municipales, UNICEF-SENA-Min Desarrollo- Min Ambiente -SSPD-CRA-IDEA- Embajada de Holanda, medio magnético, 2001.

Guía Ambiental para la selección de tecnologías de Manejo Integral de Residuos Sólidos, Ministerio del Medio Ambiente, 2002.

Proyectos de Gestión Integral de Residuos Sólidos, Guía Práctica de Formulación, Ministerio del Medio Ambiente, 2002.

5.3 NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS SOBRE RESIDUOS SÓLIDOS

El Comité Técnico 0019 Gestión Ambiental sobre residuos sólidos ha trabajado en la elaboración de algunas guías que buscan brindar orientaciones para llegar a un buen manejo de los residuos. Reinoso, enumera las Guías Técnicas Colombianas relacionadas con la gestión ambiental de residuos: ⁵²

GTC 24: 98-12-16. Guía para la separación en la fuente. Establece directrices para realizar la separación de residuos en las diferentes fuentes generadoras: domestica, industrial, comercial, institucional y de servicios con el fin de facilitar su posterior aprovechamiento.

GTC 35: 97-04-16. Guía para la recolección selectiva de residuos sólidos. Suministra pautas para efectuar una recolección selectiva como parte fundamental en el proceso que permite mantener la calidad de los materiales aprovechables.

NTC 2581. 89-06-21. Abonos o fertilizantes. Determinación de carbonatos totales y proporciones aproximadas de carbonatos de calcio y magnesio en calizas y calizas dolomíticas. Establece ensayos.⁵³

NTC 3795. 95-08-23. Fertilizantes sólidos. Derivación de un plan de muestreo para la evaluación de una entrega grande.

NTC-ISO 8633. 95-08-23. Fertilizantes sólidos. Método de muestreo simple para lotes pequeños. Define un plan de muestreo para el control de las cantidades de fertilizante sólido de máximo 250 ton y presenta el método a emplear. Se aplica a todos los fertilizantes sólidos a granel o empacados.

NTC-ISO 8634. 95-08-23. Fertilizantes sólidos. Plan de muestreo para la evaluación de una entrega grande. Fertilizantes sólidos. Plan de muestreo para la evaluación de una entrega grande.

NTC 234. 96-11-27. Abonos o fertilizantes. Método de ensayo para la determinación cuantitativa del fósforo. Contiene definiciones, requisitos, métodos de ensayo e informe.

NTC 4150. 97-06-25. Abonos o fertilizantes. Método cuantitativo para la determinación del nitrógeno amoniacal por titulación previo tratamiento con formaldehído. Establece un método cuantitativo para determinar el contenido de nitrógeno amoniacal en abonos o fertilizantes.

NTC 4173. 97-06-25. Fertilizantes sólidos y acondicionadores del suelo. Ensayo de tamizado. Especifica un método para la determinación, mediante ensayos de tamizado, la distribución del tamaño de partículas de los fertilizantes sólidos y los acondicionadores de suelos.

NTC 4175. 97-06-25 Fertilizantes sólidos. Preparación de muestras para análisis químicos y físicos. Especifica los métodos para la preparación de las muestras o porciones de muestras requeridas para los ensayos químicos o físicos de fertilizantes sólidos. Contiene definiciones, aparatos, rotulado y reporte de preparación de muestra.

NTC 370. 97-08-27. Abonos o fertilizantes. Determinación del nitrógeno total. Establece el método para determinar el contenido de nitrógeno total en abonos o fertilizantes. Contiene definiciones y ensayos.

NTC 35. 98-03-18. Abonos y fertilizantes. Determinación de la humedad. Del agua libre y del agua total. Establece los métodos para determinar el contenido de humedad, agua libre y agua total en abonos o fertilizantes. Contiene definiciones y ensayos.

NTC 202. 01-08-01. Métodos cuantitativos para la determinación de potasio soluble en agua, en abonos o fertilizantes y fuentes de materias para su fabricación. Establece los métodos cuantitativos para la determinación del contenido de potasio soluble en agua, en abonos o fertilizantes y fuentes. De materias primas, para su fabricación.

NTC 1927. 01-10-31. Fertilizantes y acondicionadores de suelos. Definiciones. Clasificación y fuentes de materias primas. Define los términos relacionados con fertilizantes, acondicionadores del suelo, fuentes de materias primas, y sus clasificaciones.

NTC 40. 03-03-19. Fertilizantes y acondicionadores de suelos. Etiquetado. Establece los requisitos que debe cumplir el etiquetado de los envases y embalajes destinados para fertilizantes y acondicionadores de suelos.

NTC 5167. 2004-05-31. Productos para la industria agrícola. Materiales orgánicos usados como fertilizantes y acondicionadores del suelo. Establece requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben ser sometidos los productos orgánicos usados como fertilizantes o como acondicionadores del suelo. Reglamenta los limitantes actuales para el uso de materiales orgánicos, los parámetros físico químicos de los análisis de las muestras de materia orgánica, los límites máximos de metales y enuncia algunos parámetros para los análisis microbiológicos.

6. LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Existen muchas formas para clasificar los residuos sólidos orgánicos, por fuentes de generación, por propiedades o características físico-químicas, por su naturaleza etc, en este trabajo se adoptará como clasificación la Guía Técnica Colombiana 24 del 2009 producida por el ICONTEC.⁵⁴

Residuo sólido: Es cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final. (Decreto 1713 de 2002).

Residuos orgánicos biodegradables, son aquellos que tienen la característica de poder desintegrarse o degradarse rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica. Ejemplo: los restos de comida, frutas y verduras, carne, huevos, etcétera, o pueden tener un tiempo de degradación más lento, como el cartón y el papel.

Residuo Aprovechable: Cualquier material, objeto, sustancia o elemento que no tiene valor para quien lo genera, pero se puede incorporar nuevamente a un proceso productivo (Decreto 1713 de 2002).

Residuos Peligrosos: Es aquel residuo o desecho que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas puede causar riesgo a la salud humana y el ambiente. Así mismo, se considera residuo o desecho peligroso los envases, empaques o embalajes que hayan estado en contacto con ellos. (Decreto 4741 de 2005)

Residuos Especiales: Residuos sólidos que por su calidad, cantidad, magnitud, volumen o peso puede presentar peligros y, por lo tanto, requiere un manejo especial. Incluye a los residuos con plazos de consumo expirados, desechos de establecimientos que utilizan sustancias peligrosas, lodos, residuos voluminosos o pesados que, con autorización o ilícitamente, son manejados conjuntamente con los residuos sólidos municipales.

Según la GTC 24 del 2009, los residuos sólidos orgánicos del mango y banano comercializados en la CMA son del tipo no peligroso y clasificado como orgánicos biodegradables a los cuales se les sugiere un manejo de compostaje o lombricultivo.

Tabla 3 CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS SEGÚN LA GTC 24 DE 2009

TIPO	CLASIFICACION	EJEMPLO	MANEJO
NO PELIGROSOS	APROVECHABLES	Papeles: archivo, kraft, cartulina, periódico. Cartón y plegadiza Vidrio Plástico: envases, sucio, bolsas, vasos, PET. Metales Tetra pack	Reciclaje Reutilización
	NO APROVECHABLES	Papel Tissue: higiénico, servilletas, toallas de mano, pañales. Papel encerado y metalizado Cerámicas. Material de barrido Colillas de cigarrillo Icopor	Disposición final
	ORGANICOS BIODEGRADABLES	Residuos de comida Material vegetal	Compostaje Lombricultivo
PELIGROSOS		RAEE Pilas y baterías Químicos Medicamentos Aceites usados Biológicos	Tratamiento Incineración Disposición en celda de seguridad
ESPECIALES		Escombros Llantas Colchones Muebles Estantes Lodos	Servicio especial de recolección

Fuente: GTC 24. Icontec. 2009.

6.1 LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Son las actividades asociadas en el manejo de los diversos flujos de residuos dentro de la sociedad y su meta es administrarlos de una forma compatible con el medioambiente y la salud pública. La GIRS contempla las siguientes etapas jerárquicamente definidas: ⁵⁵

6.1.1 Reducción en el origen: Es la forma más eficaz de reducir la cantidad y toxicidad de residuos, el costo asociado a su manipulación y los impactos ambientales.

6.1.2 Aprovechamiento y valorización: Implica la separación y recolección de materiales residuales en el lugar de su origen; la preparación de estos materiales para la reutilización, el reprocesamiento, la transformación en nuevos productos y la recuperación de productos de conversión (ej, compost) y energía en forma de calor y biogás combustible.

6.1.3 Tratamiento y transformación: La transformación de residuos implica la alteración física, química o biológica de los residuos. Típicamente, las transformaciones físicas, químicas y biológicas que pueden ser aplicadas a los residuos sólidos urbanos son utilizadas para mejorar la eficacia de las operaciones y sistemas de gestión de residuos. Para los residuos que no puedan ser aprovechados, se utilizarán sistemas de tratamiento para disminuir su peligrosidad y/o cantidad.

6.1.4 La disposición final controlada: Con los residuos que no tienen ningún uso adicional, la materia residual que queda después de la separación de residuos sólidos en las actividades de recuperación de materiales y la materia residual restante después de la recuperación de productos de conversión o energía; para lo cual se debe garantizar una disposición final controlada, además se debe poseer una capacidad adecuada en los sitios de disposición final y planes para la clausura.

6.1.5 Análisis integral del ciclo productivo. Que permita priorizar donde se deben concentrar los mayores esfuerzos en considerar los diferentes impactos al medio ambiente que causa un producto desde su origen, hasta su disposición final, involucrando por tanto, la utilización de materias primas, el proceso productivo, la energía que utiliza, sus impactos al aire, al agua y al suelo y los impactos del producto final, de modo que las consideraciones ambientales se tengan en cuenta desde el nacimiento del producto hasta su disposición final y evaluar los impactos ambientales de un producto, no sólo postconsumo sino, teniendo en cuenta los diferentes impactos que produjo en etapas anteriores.⁵⁶

Un residuo postconsumo puede generar un impacto ambiental negativo al medio ambiente y en consecuencia, la gestión ambiental debe dirigirse a eliminar, disminuir o mitigar los impactos que produce.

6.1.6 Responsabilidad. Se debe establecer la responsabilidad de los generadores de residuos, en aplicación de lo dispuesto en la ley 99 de 1993, se tiene el principio contaminador- pagador, que involucra la responsabilidad de quienes causan o generan contaminación.

Se contemplará la responsabilidad de los productores por los productos durante su ciclo de vida, que incluye la responsabilidad de los generadores de los residuos, de modo que éstos deberán según el caso, como se anotará a continuación, reducirlos, separarlos o recibirlos, así mismo los usuarios finales deben ser sujetos de responsabilidad.

Figura 8 Gestión diferencial



FUENTE: Minambiente. Política para la Gestión de Residuos. Santa Fe de Bogotá, 1997; p.15

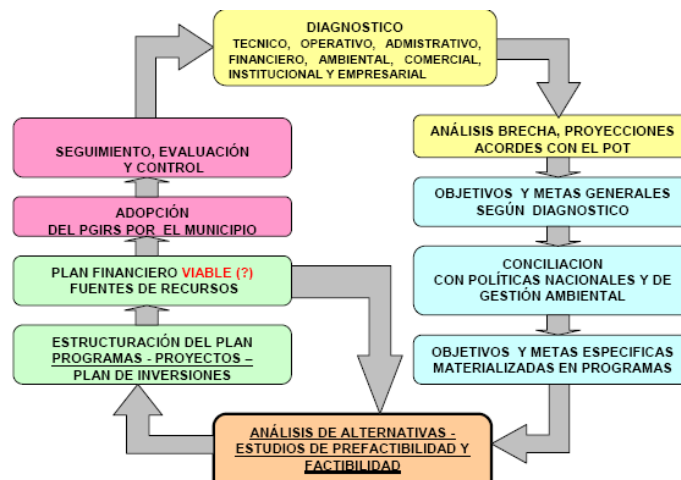
6.2 PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS PGIRS.

“Un PGIRS es un documento que contiene un conjunto ordenado de objetivos, metas, programas, proyectos y actividades, definidos por el ente territorial para la prestación del servicio de aseo, acorde con los lineamientos definidos en los planes y/o esquemas de ordenamiento territorial y basado en la política de gestión integral de residuos sólidos, la cual apunta en un diagnóstico inicial, en su proyección hacia el futuro y en un plan financiero viable que permita garantizar el mejoramiento continuo de la prestación del servicio de aseo evaluado a través de la medición de resultados”.

El PGIRS debe estar a disposición de las entidades de vigilancia y control, tanto de la prestación del servicio como de las autoridades ambientales.”⁵⁷

El anexo de la resolución 1045 del 2003 expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial describe la metodología para la elaboración del Plan de Gestión Integral sobre residuos sólidos con las siguientes etapas para su cumplimiento:

Figura 9. Contenido del PGIRS



FUENTE: MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Res. 1045 de 2003. Bogotá D.C., Septiembre de 2003, s.p.

6.3 PLAN DE MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS, PMIRS.

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá lo define, como el documento que contiene el conjunto de objetivos, metas, programas, proyectos y actividades que garanticen la Gestión Integral de Residuos Sólidos en una empresa.

6.4 GUÍA PARA EL MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS.

Es una herramienta aplicable a generadores y todos aquellos que realicen almacenamiento, tratamiento y aprovechamiento de residuos sólidos. En ella se definen los procesos y las actividades necesarias para identificar, valorar, prevenir o mitigar los impactos ambientales negativos, derivados del manejo de residuos sólidos. En la Figura 6 se muestran las etapas para realizar el Manejo Integral de Residuos Sólidos. ⁵⁸

Figura 10. Etapas para el MIRS.



FUENTE: AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRA. Presentación sobre procesos de planeación. En: Programa de residuos. El Área. Medellín, marzo 18 de 2005; p.39.

Las etapas de diagnóstico y elaboración, se realizan siguiendo el orden lógico e integral que comprende el ciclo de los residuos, para lograr éste objetivo se debe cumplir con los siguientes pasos que direccionan el plan. A continuación se relacionan gráficamente en la Figura 11.

Figura 11. Diagnóstico



6.5 IMPACTOS AMBIENTALES

6.5.1 Impactos negativos por el mal manejo de los residuos orgánicos.

Enfermedades provocadas por vectores sanitarios: existen varios vectores de gran importancia epidemiológica cuya aparición y permanencia pueden estar relacionados en forma directa con la ejecución inadecuada de alguna de las

etapas en el manejo de los residuos sólidos orgánicos, esto debido a la composición de los mismos y a la “facilidad” en la descomposición de los mismos.⁵⁹

Contaminación de aguas: la disposición no apropiada de residuos orgánicos puede provocar la contaminación de los cursos superficiales y subterráneos de agua, además de contaminar la población que habita en estos medios.

Contaminación atmosférica: el olor generado por la descomposición y la acción microbiana representa la principal causa de contaminación atmosférica.

Contaminación de suelos: los suelos pueden ser alterados en su estructura debido a la acción de los líquidos percolados (lixiviados) dejándolos inutilizada por largos periodos de tiempo o disponiéndolos indebidamente sobre el recurso.

Problemas paisajísticos y riesgo: la acumulación en lugares no aptos de residuos trae consigo un impacto paisajístico y visual negativo, además de tener en algunos casos asociados un importante riesgo ambiental, pudiéndose producir accidentes, tales como explosiones o derrumbes por la fácil producción de gases en la descomposición de los mismos.

Vectores: uno de los problemas más comunes encontrados por el mal manejo de los residuos sólidos orgánicos es la proliferación de vectores (moscas, roedores y demás insectos). Pueden ser evitados a través del volteo frecuente de pilas de por lo menos 1 metro de alto y la realización e implementación de un programa para el control de vectores y plagas periódico por parte del operador de la planta. La utilización de trampas, control biológico, cintas con agar, son algunas de las opciones de manejo de ésta problemática.

Olores: la producción de olores es proporcional a la presión de vapor. La presión de vapor del medio aumenta hasta 103 veces al pasar la temperatura de 20 °C a 60 °C. Por lo tanto la única forma de evitar totalmente la producción de olores en el compostaje, sería evitando que la temperatura subiera. Sin embargo, la mayoría de los problemas por olores se deben a condiciones de reducción durante el proceso de descomposición. Si se maneja el sistema oxigenado es posible disminuir el mayor impacto en la producción de olores.⁶⁰

Ruido: el uso de maquinaria para la trituración, el cernido, el transporte, la ventilación, ocasionará en muchos casos, ruidos molestos. Esto afecta especialmente al personal de la planta y a la población de las cercanías.⁶¹

6.5.2 Impactos positivos. El manejo apropiado de las materias primas, la minimización de residuos, las políticas de reciclaje y el manejo apropiado de residuos orgánicos traen como uno de sus beneficios principales la conservación y en algunos casos la recuperación de los recursos naturales a través del compostaje.⁵⁵

Reciclaje: beneficio directo de una buena gestión lo constituye la recuperación de recursos a través del reciclaje o reutilización de residuos que pueden ser

convertidos en materia prima o ser utilizados nuevamente en fines diferentes a los iniciales.

Recuperación de áreas: otros de los beneficios de disponer los residuos orgánicos en forma apropiada es la opción de recuperar áreas de escaso valor y convertirlas en parques y áreas de esparcimiento, acompañado de una posibilidad real de obtención de beneficios energéticos (biogás).

Productividad: el compostaje mejora la productividad y la sostenibilidad de los agro ecosistemas. El compostaje contribuye a la capacidad de intercambio catiónico del suelo y por ende en la retención de los nutrientes, su función como una fuente importante de nitrógeno y fósforo y su rol en el mantenimiento de la agregación, estructura física y retención del agua en el suelo⁶².

Disminución en niveles de contaminación: se disminuyen los niveles de contaminación que producen los residuos orgánicos por el proceso natural de descomposición, el mismo que genera gas metano, proliferación de vectores transmisores de enfermedades.

Aumento de producción en viveros: Aumento de las posibilidades de producción de viveros y jardines en zonas urbanas o poblaciones en proceso de crecimiento que no cuenten con terrenos fértiles para ello.

Aumento de oferta: se aumenta el nivel de la oferta de abonos orgánicos existentes para poblaciones rurales.

Conciencia ambiental: se crea una conciencia ambiental en la población en cuanto a los hábitos de separación de desechos en origen y la utilización que estos pueden tener:

Beneficio social con los recuperadores: en algunos municipios de país como Medellín, se estableció y se institucionalizó la Política Pública para el fomento de la recuperación de residuos sólidos, con un enfoque productivo y saludable, que permite la inclusión social, visibilización y dignificación del oficio de recuperador.

6.5.3 Plantas de aprovechamiento. La dinámica del sector de las plantas de aprovechamiento de los residuos hace pensar que su comportamiento financiero no es sostenible debido a problemas de oferta y demanda, asimetrías de información, informalidad en los procesos de producción, distorsión en los precios debido a costos asociados al transporte y en general porque la venta de los materiales aprovechables no es suficiente para sostener la actividad por sí misma, requiriendo apoyo estatal para el traslado de los recursos y la formulación de los proyectos para que así éstos deriven en plantas de aprovechamiento con exigentes esquemas de optimización de procesos los cuales aún no se perciben como viables en su totalidad, o por lo menos en el corto plazo.⁶³

La información consolidada de 26 plantas de transformación de residuos sólidos orgánicos del país que cuentan con información de ingresos y costos en

el aprovechamiento. En el 94% de los casos ni siquiera se alcanza el equilibrio (ingresos / costos =1) entre los costos, gastos e ingresos. Los costos de mano de obra constituyen el mayor porcentaje (66.46%) dentro de la composición de los costos operacionales, cabe resaltar que este valor no representa el total de la mano de obra que realmente se emplea para la operación de las plantas, debido a que en muchos casos los operarios no son contratados cumpliendo con todos los requisitos de Ley (prestaciones sociales), algunos operarios son contratados por jornales y otros ni siquiera son pagos ya que corresponden a recuperadores informales a los que se les permite trabajar por su cuenta dentro de las plantas.

- Los costos de personal administrativo (9,04%) están asociados al personal que en las plantas de carácter municipal delegan para la administración y/o supervisión de los procesos y corresponden generalmente a una o dos personas por planta. Los costos de servicios públicos (agua) presentan un porcentaje de participación bajo (0,76%) el cual no representa el costo real del uso del agua en las Plantas. Lo anterior debido a que la mayoría de las Plantas son municipales y prestan el servicio de acueducto, dándoles la posibilidad de no cobrar por el agua utilizada. Los ingresos por venta de materiales aprovechables cubren únicamente el 7% de los costos de operación, los ingresos por tarifa del servicio de disposición final el 15% y los aportes municipales el 38%, quedando un déficit del 41% de los costos, que no se cubre con recursos de ninguna fuente. ⁶⁴

Como se observa a continuación los ingresos no cubren los costos de la actividad, excepto en las plantas de Castilla la Nueva, La Victoria, Chocontá, CIS El Guacal, Bioorgánicos del Centro y Caicedonia. Lo anterior, sin perder de vista además que en la mayoría de los casos la actividad no se está ejecutando de una manera óptima y eficiente, estando subvalorados los costos de operación.

En conclusión, dado que es difícil reducir los costos actuales, se evidencia un esquema de negocio altamente dependiente de los subsidios estatales y de las tarifas para poder subsistir y en general la estructura de costos de las plantas de aprovechamiento está subvalorada ya que como se evidencia la mayoría de estos sitios no contemplan los costos legales mínimos, en lo que concierne a contratación laboral, salud ocupacional, seguridad industrial, reposición y mantenimiento de equipos principalmente.

6.5.4 Costos Ambientales. Como establece el PGIRS Regional los proyectos relacionados con el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos urbanos no generan beneficios de rentabilidad (efectivo), los impactos que se logran con el desarrollo de los mismos se cuantifican para obtener un valor; se contemplan los beneficios ambientales y sociales en costos del servicio de aseo y el tratamiento de orgánicos, de acuerdo con las metas graduales establecidas para residuos residenciales en un escenario de 15 años. Dentro de las consideraciones conceptuales no contempladas en la Resolución 1045 de 2003, están las de aprovechamiento de residuos reciclables y orgánicos, los cuales permiten hacer visibles las ganancias o ingresos, en lo económico, lo social y lo ambiental, cuando se desvían cantidades determinadas de residuos,

del flujo de la recolección, transporte, tratamiento y disposición final y se reincorporan a las cadenas productivas manufactureras o del sector agrícola.⁶⁵

La interpretación de donde se hacen los ahorros de manera tangible, permite examinar en función del actor, cuando se calcula que capta en cada caso de los valores económicos generados en la cadena. Para efectos del análisis, se toma como referencia un escenario conservador, ya que sólo se han incluido en los cálculos los potenciales aprovechables de los residuos residenciales, que son meta del Plan: 30% de reciclables y 15% de orgánicos, en una proyección de 15 años.

7. APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS

De acuerdo a la Política para la Gestión de Residuos, el aprovechamiento se entiende como el conjunto de fases sucesivas de un proceso, cuando la materia inicial es un residuo, entendiéndose que el procesamiento tiene el objetivo económico de valorizar el residuo u obtener un producto o subproducto utilizable. Para ello define como Residuos Aprovechables aquellos que pueden ser reutilizados o transformados en otro producto, reincorporándose al ciclo económico y con valor comercial. La maximización del aprovechamiento de los residuos generados y en consecuencia su minimización, contribuye a conservar y reducir la demanda de recursos naturales, disminuir el consumo de energía, preservar los sitios de disposición final y reducir sus costos, así como a reducir la contaminación ambiental al disminuir la cantidad de residuos que van a los sitios de disposición final o que simplemente son dispuestos en cualquier sitio contaminando el ambiente.⁶⁶

El aprovechamiento debe realizarse siempre y cuando sea económicamente viable, técnicamente factible y ambientalmente conveniente. De modo tal, que las normas y acciones orientadas hacia los residuos aprovechables deben tener en cuenta lo siguiente:

- Se trata de materia prima con valor comercial, en consecuencia sujeta a las leyes del mercado y consideradas como insumo. La calificación de residuo aprovechable debe darse teniendo en cuenta que exista un mercado para el residuo, en el cual están comprometidos los generadores de las materias primas y de los productos finales.
- Su destino es el aprovechamiento ya sea de manera directa o como resultado de procesos de tratamiento, reutilización, reciclaje, producción de bioabono, generación de biogás, compostaje, incineración con producción de energía, entre otros.
- Deben ser objeto del establecimiento de incentivos de toda índole, en especial económicos y tributarios. Teniendo en cuenta que el análisis del impacto de un producto o proceso debe ser integral, los incentivos que se otorguen deben considerar el proceso productivo en su integridad, de modo que no se distorsionen los objetivos de la gestión ambiental que consisten no sólo en disminuir un impacto ambiental específico - postconsumo -, sino todo lo que se genera durante el proceso productivo.
- La población que actualmente está realizando las actividades de recuperación debe tener reconocimiento y espacio para su trabajo.

A continuación se describen los tipos de aprovechamiento que se logran a partir del tratamiento de los residuos sólidos orgánicos.

7.1 ALIMENTACIÓN ANIMAL

En las zonas rurales separan la fracción orgánica generada en el inmueble para la alimentación de animales, en su mayoría ganado y cerdos pero los residuos orgánicos tienen un alto contenido en humedad lo que implica dificultades para el almacenamiento, el consumo debe ser rápido con el fin de evitar problemas de fermentación ó descomposición del mismo. Para incorporar el producto orgánico como complemento importante en la alimentación animal, es necesaria una correcta planificación en la que se tenga en cuenta: de qué productos se dispone, en qué cantidades y en que periodos de tiempo.⁶⁷

Desde hace varios años se han venido realizando investigaciones para el aprovechamiento de los residuos orgánicos de las excretas de animales en alimentación animal, en especial la porquinaza para la alimentación bovina y se han evaluado ensayos de ganancia de peso en cerdos de levante y ceba alimentados con una mezcla de concentrado y porquinaza tratada con *Lactobacillus*, disminuyendo la saturación de praderas con porquinaza y lixiviados, mejorando la nutrición de los cerdos debido a la baja absorción y asimilación de nutrientes (30-40%) y disminuyendo el uso del concentrado aproximadamente entre un 20 y 30%.⁶⁸

7.2 COMPOSTAJE

Es un proceso natural y biooxidativo, en el que intervienen numerosos y variados microorganismos aerobios que requieren una humedad adecuada y sustratos orgánicos heterogéneos en estado sólido, implica el paso por una etapa termófila dando al final como producto de los procesos de degradación de dióxido de carbono, agua y minerales, como también una materia orgánica estable, libre de patógenos y disponible para ser utilizada en la agricultura como abono acondicionador de suelos sin que cause fenómenos adversos.⁶⁹

7.2.1 Fases del proceso del compostaje: Jaramillo, enuncia cuatro (4) fases descritas en la Figura 12. Durante el proceso del compostaje, las cuales se describen a continuación:⁷⁰

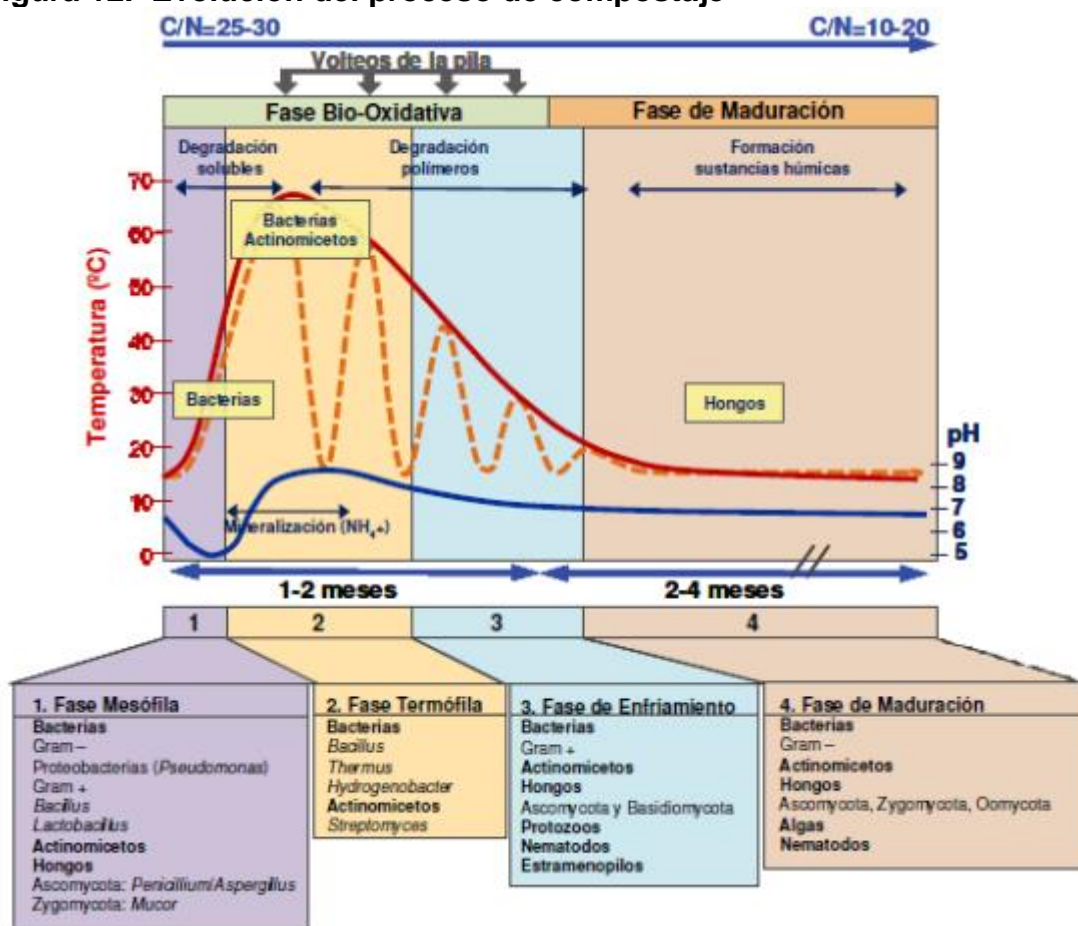
- **Mesófila:** es la primera fase y se caracteriza por la presencia de bacterias y hongos, siendo las primeras quienes inician al proceso por su gran tamaño; ellas se multiplican y consumen los carbohidratos más fácilmente degradables, aumentando la temperatura desde la del ambiente a más o menos 40 ° C.
- **Termófila:** en ésta fase la temperatura sube de 40 a 60 ° C, desaparecen los organismos mesófilos, mueren las malas hierbas, e inician la degradación los organismos termófilos. En los seis (6) primeros días la temperatura debe llegar y mantenerse a más de de 40 o C a efecto de reducción o supresión de patógenos al hombre y a las plantas de cultivo. A temperaturas muy altas, muchos microorganismos importantes para el proceso mueren y otros no crecen. En ésta etapa se degradan ceras, proteínas y hemicelulosas y

escasamente la lignina y la celulosa; también se desarrollan en éstas condiciones numerosas bacterias formadoras de esporas y actinomicetos.

- **Enfriamiento:** la temperatura disminuye desde la más alta alcanzada durante el proceso hasta llegar a la del ambiente, se va consumiendo el material fácilmente degradable, desaparecen los hongos termófilos y el proceso continúa gracias a los organismos esporulados y actinomicetos. Cuando se inicia la etapa de enfriamiento, los hongos termófilos que resistieron en las zonas menos calientes del proceso realizan la degradación de la celulosa.

- **Maduración:** la maduración puede considerarse como complemento final de las fases que ocurren durante el proceso de fermentación disminuyendo la actividad metabólica. El producto permanece más o menos 20 días en ésta fase.

Figura 12. Evolución del proceso de compostaje



Fuente: <http://hdl.handle.net/10251/8685>

7.2.2 Condiciones del proceso de compostaje: En el proceso de compostaje, son los microorganismos los responsables de la transformación del sustrato, por lo tanto, todos aquellos factores que puedan inhibir su crecimiento y desarrollo, afectarán el proceso. Los factores más importantes que intervienen éste proceso biológico son: temperatura, humedad, pH, oxígeno, relación C/N y población microbiana.

- **Temperatura:** Las fases mesófila y termófila del proceso, mencionadas anteriormente, tienen un intervalo óptimo de temperatura. Se ha observado que las velocidades de crecimiento se duplican aproximadamente con cada subida de 10 grados centígrados de temperatura, hasta llegar a la temperatura óptima. En la Gráfica 4. Se muestra un área de color rojo, es el lugar donde se alcanzan temperaturas más altas, a partir de éste nivel se empiezan a eliminar microorganismos patógenos dándose el proceso de sanitización ayudados adicionalmente por los antibióticos producidos por algunos microorganismos que favorecen su eliminación. Hacia los 70 °C se inhibe la actividad microbiana por lo que es importante la aireación del compost para disminuir la temperatura y evitar la muerte de los microorganismos. Durante estos cambios de temperatura las poblaciones bacterianas se van sucediendo unas a otras. Este ciclo se mantiene hasta el agotamiento de nutrientes, disminuyendo los microorganismos y la temperatura.

Humedad: en el compostaje es importante evitar la humedad elevada ya que cuando está muy alta, el aire de los espacios entre partículas de residuos se desplaza y el proceso pasa a ser anaerobio. Por otro lado, si la humedad es muy baja, disminuye la actividad de los microorganismos y el proceso se retarda. Se consideran niveles óptimos de humedades entre 40% - 60%, éstos dependen de los tipos de material a utilizar.

PH: los valores óptimos están entre 5.5 y 7.0, porque las bacterias prefieren un medio casi neutro, mientras los hongos se desarrollan mejor en un medio ligeramente ácido. El valor del pH cae ligeramente durante la etapa de enfriamiento llegando a un valor de 6 a 7 en el compost maduro. La NTC 5167 de 2004 ¹⁶ dice que si el producto se disuelve en agua, su disolución no debe desarrollar pH alcalino es decir mayor de 7.

Oxígeno: los microorganismos deben disponer de oxígeno suficiente para que se dé el proceso aerobio, esto se logra mediante la aireación. Si se garantiza el oxígeno necesario para que se desarrolle el proceso, se puede obtener un compost rápido y de buena calidad, evitándose problemas de malos olores.

- **Nutrientes:** una relación C/N de 20 – 35 es la adecuada al inicio del proceso; pero si ésta relación es muy elevada, se disminuye la actividad biológica porque la materia orgánica a composta es poco biodegradable por lo que la lentitud del proceso no se deberá a la falta de nitrógeno sino a la cantidad de carbono.

- **Tamaño de partículas:** el tamaño de partículas no debe ser ni muy fina ni muy gruesa, porque si es muy fina, se obtiene un producto apelmazado, lo que impide la entrada de aire al interior de la masa y no se llevará a cabo una fermentación aerobia completa. Si las partículas son muy grandes, la fermentación aeróbica tendrá lugar, solamente en la superficie de la masa triturada. Aunque el desmenuzamiento del material facilita el ataque microbiano, no se puede llegar al extremo de limitar la porosidad, es por ello que se recomienda un tamaño de partícula de 1 a 5 cm.

7.2.3 Técnicas de compostaje. Los métodos más utilizados son agitado y estático: En el método agitado, el material que se va a fermentar se mueve periódicamente, esto con el fin de permitir la entrada de oxígeno, controlar la temperatura y mezclar el material para que el producto sea homogéneo; mientras que el método estático, el material que se va a fermentar permanece quieto y a través del él, se inyecta aire. ⁷¹

- **Compostaje en hilera:** antes de formar las hileras se pre trata el material orgánico mediante trituración y cribación hasta obtener un tamaño de partícula aproximadamente de 2,5 a 7,5 cm y un contenido de humedad entre 50 a 60%, y se dispone en hileras. El ancho y alto de las hileras depende del tipo de equipamiento que se va a utilizar para voltear los residuos fermentados. Un sistema rápido de compostaje en hileras emplea normalmente de 2 a 2,30 m de altura y 4.5 a 5 m de ancho por cada hilera, el material se voltea hasta dos veces por semana mientras la temperatura se mantiene aproximadamente a 55 grados centígrados; la fermentación completa puede obtenerse en tres o cuatro semanas, después del periodo de volteo, se deja el compost para curarse durante tres o cuatro semanas más sin volteo.

- **Pila estática aireada:** consiste en una red de tuberías previamente perforadas para que entre el aire, sobre ellas se coloca la fracción orgánica procesada de los residuos, formando pilas de aproximadamente 2 a 2,5 m de altura. Para controlar los olores, se puede poner una capa de compost cribado encima de la pila recién formada.

El aire necesario tanto para la conversión biológica como para controlar la temperatura, se introduce a la pila mediante un inyector de aire. Después que el material ha sido fermentado durante un periodo de tres o cuatro semanas, se realiza el proceso de curado durante cuatro semanas más. Para mejorar la calidad del producto final, se realiza una trituración o cribación del compost curado.

- **Sistemas de compostaje en reactor:** se utiliza como reactor todo tipo de recipientes, incluyendo torres verticales, depósitos horizontales, rectangulares y circulares. Estos se pueden dividir en dos categorías importantes de reactores: flujo pistón y dinámico (lecho agitado). El tiempo de retención para los sistemas en reactor varía de 1 a 2 semanas, y emplean un periodo de curado de 4 a 12 semanas después del período de fermentación activa.

En la actualidad se diseñan muy buenos sistemas mecanizados con control del flujo de aire, de temperatura y concentración de oxígeno para minimizar olores, espacio, costos de mano de obra, tiempo de elaboración y para aumentar el rendimiento del proceso.

Utilización del compost. El compost según su composición y sus características, puede tener diferentes usos. Cuando el compost muestra contenidos relativamente altos de metales pesados, puede utilizarse en parques y jardines urbanos, pero si presenta cierto exceso de sales se puede utilizar con las debidas precauciones en la recuperación de suelos degradados.

Si el compost contiene buenos nutrientes y materia orgánica, y no presenta contraindicaciones, se puede utilizar como abono en los cultivos para la alimentación humana o animal. Y se tiene unas propiedades físicas adecuadas, puede utilizarse como sustituto parcial de las turbas y como abono en el cultivo de plantas ornamentales, aun cuando muestre un contenido de metales pesados relativamente elevado.

Condiciones del compostaje. (Soto), explica que las condiciones que favorecen el crecimiento de los microorganismos aeróbicos son: presencia de oxígeno, temperatura, humedad y una nutrición balanceada. Como se enunció anteriormente hay otros factores que pueden afectar el desarrollo tales como: pH, fuentes energéticas de fácil solubilización como azúcares simples y superficie de contacto o tamaño de partícula.⁷²

Tabla 4. Condiciones ideales para el compostaje.

Condición	Rango aceptable	Condición óptima
Relación C/N	20:1 – 40/1	25:1 – 30:1
Humedad	40% – 65%	50% – 60%
Oxígeno	más del 5%	más del 8%
pH	5.5 – 9.0	6.5 – 8.0
Temperatura (°C)	55 °C – 75 °C	65 °C – 70°C

FUENTE: Soto 2003.

7.3 LOMBRICULTIVO

La lombricultura es la técnica de criar lombrices en cautiverio, logrando obtener una rápida y masiva producción y crecimiento en espacios reducidos, utilizando para su alimentación materiales biodegradables de origen agrícola, pecuario, industrial y casero, produciendo como resultado la transformación de los desechos en biomasa y humus (abono orgánico) de alta calidad. Utiliza a una especie domesticada de lombriz, como una herramienta de trabajo que recicla todo tipo de materia orgánica obteniendo como fruto de este trabajo humus, carne y harina de lombriz. La lombricultura es un negocio de expansión y en un futuro será el medio más rápido y eficiente para la recuperación de suelos en las zonas rurales.⁷³

La lombricultura no sólo produce el lombricompost; también se tiene una producción importante de lombrices con el 60% de proteínas en peso seco aproximadamente. Esto también plantea un recurso valioso para la economía, la cual tiene que sustituir progresivamente la compra de concentrados para nutrición animal en razón de sus costos. Las heces de la lombriz (humus) son ricas en nutrientes, ya que contienen cinco veces más nitratos que el suelo, 11 veces más potasio y, lo que es más importante, 7 veces más fósforo intercambiable y 3 veces más magnesio intercambiable, lo que favorece notablemente la asimilación de los nutrientes por las plantas.

Las lombrices requieren condiciones ambientales óptimas para su buen desarrollo, uno de estos factores es la humedad, dado que la lombriz requiere

de un buen nivel para la alimentación y la respiración, las humedades superiores al 80% les generaría la muerte.

En la misma medida se encuentra la temperatura, la cual presenta un rango muy limitado entre 20 y 33 grados centígrados. En la Tabla 4.

Tabla 5. Condiciones para el establecimiento de la lombriz

PARAMETRO	RANGO	OPTIMO
Temperatura	20 - 23	25 - 28
pH	5.5 - 9.0	6.8 - 7.2
Humedad	65 - 80	70 - 75

Fuente: Centro de investigaciones agronómicas de la Unidad de Costa Rica de insumos agropecuarios no sintéticos. Costa Rica, 2003, p.21.

7.4 BOCASHI.

Receta japonesa que aprovecha los residuos orgánicos de una forma similar al compostaje, el producto final se denomina abono orgánico, la técnica es a través de volteos frecuentes y temperaturas por debajo de los 45-50 °C, hasta que la actividad microbiana disminuye al disminuir la humedad del material.

7.5 BIOFERTILIZANTES.

Son fertilizantes que aumentan el contenido de nutrientes en el suelo o que aumentan la disponibilidad de los mismos. Entre éstos es más conocido es el de bacterias fijadoras de nitrógeno como Rhizobium, pero también se pueden incluir otros productos como micorrizas, fijadoras de nitrógeno no simbióticas, etc.

7.6 BIOFERMENTOS.

Fertilizante en su mayoría foliares, que se preparan a partir de la fermentación de materiales orgánicos. Son de uso común los biofermentos a base de excretas de ganado vacuno, o biofermentos de frutas.

7.7 BIOCOMBUSTIBLES.

Es cualquier tipo de combustible líquido, sólido o gaseoso, proveniente de la biomasa (materia orgánica de origen animal o vegetal). Este término incluye: ⁷⁴

7.7.1 Bioetanol, o alcohol carburante: (o alcohol carburante), Metanol, Biodiesel, Diesel fabricado mediante el proceso químico de Fischer-Tropsh, Combustibles gaseosos, como metano o hidrógeno. se define como compuesto orgánico líquido, de naturaleza diferente a los hidrocarburos derivados de petróleo, gas natural o carbón, que tiene en su molécula un grupo hidroxilo (OH) enlazado a un átomo de carbono. La norma colombiana NTC 5308 define

alcohol carburante, como etanol anhidro obtenido a partir de la biomasa, con un contenido de agua inferior a 0.7% en volumen. La obtención de alcohol carburante (bioetanol) resulta de tres (3) procesos diferentes:

- Fermentación de los compuestos orgánicos, acompañada de un proceso de destilación y secado. Este proceso es el que se utiliza con materias primas como la caña de azúcar o remolacha azucarera.
- Segregación molecular, proceso en el que se fragmenta la biomasa separando las proteínas del almidón, la fibra, etc. El almidón, convertido en azúcar fermentable puede producir alcohol. Mediante este proceso se obtiene bioetanol a partir de distintas materias primas, como yuca, maíz, papa.
- Hidrólisis de la celulosa, permite utilizar cualquier materia que contenga celulosa, por ejemplo desechos o residuos agrícolas. El proceso está en investigación en muchas partes del mundo y se calcula que será económicamente viable muy pronto.

7.7.2 Biodiesel: es un combustible para motores diesel, que puede ser producido partiendo de materias primas agrícolas (aceites vegetales y/o grasas animales), aceites o grasa de fritura usados y metanol o etanol, que también pueden obtenerse a partir de productos agrícolas. La producción de aceites vegetales por las condiciones edafo-climáticas, rendimiento, contenido en aceite y la necesidad de mecanizar la producción, limitan actualmente el potencial de obtención de aceites vegetales a unas pocas especies, dentro de las cuales la palma, la colza, el girasol y la soya son las más utilizadas. Siendo la palma el cultivo con mejor posibilidad de convertir su aceite en biodiesel.

El proceso de producción se basa en la **transesterificación**, en la cual al agregar al aceite un alcohol (metanol o etanol) y un catalizador (por ejemplo hidróxido de potasio KOH), se obtiene biodiesel y como productos adicionales glicerina, agua y residuo que puede utilizarse como fertilizante. Para producir un biodiesel de calidad deben optimizarse las variables del proceso, tales como el exceso y catálisis de metanol, la desactivación del catalizador, la agitación, la temperatura y, en general, todas las condiciones del proceso.

7.7.3 Gas: “En los rellenos sanitarios, se produce gas metanizado en el proceso de fermentación anaeróbica, debido a la descomposición de la materia orgánica, actividad que tiene lugar durante toda la vida del relleno y una vez terminadas las capas que diariamente se extienden para su compactación y almacenamiento. Este gas, fundamentalmente metano (50% al 60%) y CO₂ (35% al 45%), debe ser extraído para su eliminación, quemado en antorcha o utilizado como combustible en motores de combustión interna. Esta alternativa empieza a ser rentable a partir de una cantidad de R.S.U. dispuesta no inferior a 100.000 ton/año, con una producción 1 kg./hab./día, supone 275.000 habitantes con un porcentaje de materia orgánica en el residuo del 40% al 45%. En caso de no recuperar el gas del relleno, la contribución de éste al efecto invernadero es importante.

Para la producción de biocombustibles se pueden utilizar distintas materias primas, cuyo rendimiento para producir bioetanol o biodiesel se expone a continuación en la Tabla 7. Rendimiento de materias primas.

Tabla 6. Materias primas Cultivo Rendimiento (l/ha/año)

Cultivo	Lts /Ha
Palma (<i>Elaeis guineensis</i>)	5,550
Cocotero (<i>Acronomia aculeata</i>)	4,200
Coco (<i>Cocos nucifera</i>)	2,510
Aguacate (<i>Persea americana</i>)	2,460
<i>Jatropha curcas</i>	1,590
Ricino (<i>Ricinus communis</i>)	1,320
Colza (<i>Brassica napus</i>)	1,100
Maní (<i>arachis hipogaea</i>)	990
Girasol (<i>Helianthus annuus</i>)	890
Tung (<i>Aleurites fordii</i>)	880
Arroz (<i>Oriza sativa</i>)	770
Soja (<i>Glicine max</i>)	420
Algodón (<i>Gossypium Hirsutum</i>)	270

Fuente: Min Agricultura, políticas y programas misionales, Biocombustibles, 2008

7.7.4 Beneficios ambientales de los biocombustibles: Los biocombustibles son biodegradables, el 85% se degrada en aproximadamente 28 días.⁷⁵

El etanol es un componente libre de compuestos aromáticos, de benceno y azufre, por lo tanto la mezcla produce menos humo (partículas) y emisiones. Al utilizar una mezcla del 10% de etanol se produce una reducción de emisiones de CO entre 22 y 50% en vehículos de carburador, así como una disminución de hidrocarburos totales entre 20 y 24%.

El biodiesel es biodegradable, no tóxico y libre de azufre y compuestos aromáticos, sin importar el origen del aceite utilizado en su producción reduce la emisión del hollín en 40-60% y de monóxido de carbono entre 10 y 50%.

7.8 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS

En Manizales, en 1995, se llevó a cabo, en el Jardín Botánico de la Universidad de Caldas, un ensayo demostrativo y explicativo con el objetivo de obtener compost con base en residuos urbanos bajo las condiciones climáticas locales; se aplicó la técnica de biodegradación natural bajo la forma de remoción de dunas. Se utilizaron dos fuentes de residuos: la plaza de mercado y los restaurantes. Se llevaron registros de lluvia y temperatura con la caseta meteorológica de la Universidad de Caldas. En estos cinco meses se obtuvo abono a la intemperie, mientras bajo cubierta de invernadero el tiempo de maduración en promedio fue de cincuenta días. Los resultados de laboratorio indican altos contenidos de materia orgánica, calcio, magnesio y potasio, además de poseer un pH neutro. Para determinar el tiempo final de

compostaje, se tomaron en cuenta las características organolépticas de los abonos orgánicos, textura similar a suelos sueltos, color pardo homogéneo, residuos originales no diferenciados, sin olores nitrogenados.⁷⁶

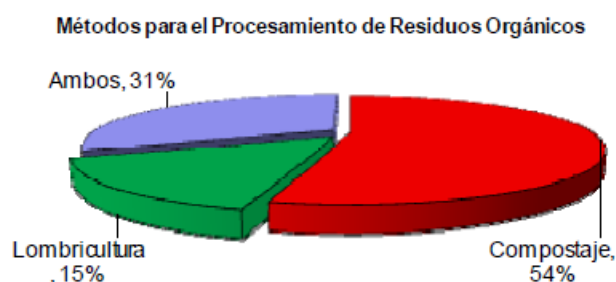
Con el análisis se concluye y se recomienda que en Manizales, el compostaje puede tener una duración de dos meses bajo cubierta, y cinco meses a la intemperie. Se ha demostrado que los tres factores de mayor incidencia en la biodegradación son: la temperatura, la oxigenación y la humedad en los residuos. 'La aireación', permite regular los dos primeros factores, y 'la humedad' depende del riego a que se someten las precipitaciones locales; por lo tanto, se recomienda construir una caseta de biodegradación, así se determinará un tiempo uniforme para elaborar el compost y evitar lixiviaciones de los nutrientes. Y las características del compost, según el análisis de suelo, el pH alcalino, permiten recomendar el producto como correctivo de pH y/o enmienda de calcio y magnesio; además de otras aplicaciones que se recomiendan en la fertilización orgánica. Se concluye la práctica del compostaje puede generalizarse como un saber cultural, y dentro de este saber, se necesita profundizar en las relaciones hombre-sociedad-naturaleza; de allí se deduce y se requiere que las comunidades científicas y culturales se comprometan en la trascendencia del bienestar socio ambiental.

7.8.1 Municipio de Heliconia (Antioquia): El Guacal. EVAS – ENVIAMBIENTALES- S.A. E.S.P. es la compañía encargada de la transformación, recuperación y disposición final de residuos sólidos del municipio de Envigado y de algunas otras localidades del sur del Valle de Aburrá. Es propietaria y operadora de la planta para el manejo de los materiales residuales, Centro Industrial del Sur (CIS) el Guacal, la cual se encarga de la recepción y separación de los residuos orgánicos e inorgánicos con el fin de ubicar el material apto para ser reincorporado en las cadenas productivas y disminuir el costo ambiental basado principalmente en la reducción de Gases de Efecto invernadero (GEI).

Esta planta recibe 13.222 Ton/mes de residuos sólidos, de los cuales se aprovechan 584 Ton/mes de residuos sólidos orgánicos urbanos por medio del proceso de compostaje aerobio, con tiempos de maduración promedio de 79 días. La altura de pila es de 1,50m aproximadamente. De acuerdo a la información del operador, se tiene que de todo el material orgánico procesado se obtiene sólo el 33% de producto en promedio, un dato vital para realizar proyecciones de comercialización. En cuanto a la normatividad, cumple con un 90% de las normas relacionadas con el aprovechamiento, consignadas en el decreto 1713 de 2002 y el Título F del Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS.⁷⁷

En conclusión, es una de las plantas más bien manejada a nivel nacional donde se realiza aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos urbanos.

Figura 13. Métodos para el procesamiento de residuos orgánicos



FUENTE: CORREAL, Magda. Diagnóstico sectorial de las plantas de aprovechamiento de Residuos Sólidos. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Bogotá, Marzo de 2008; p.11.

Compostaje aerobio: con tiempos de maduración entre 30 y 180 días y un promedio de 79 días. En cuanto a la altura de pila se manejan entre 1m y 4.5m de altura. Este último valor en el caso en el que el compostaje se realiza dentro de grandes cuartos que se llenan con el material orgánico. La mayoría de las plantas inoculan sus pilas con microorganismos que ayudan a acelerar los procesos y a disminuir olores. Entre los más utilizados se encuentran las bacterias comercialmente conocidas como EM (Microefectivas).

Lombricultura: con tiempos de proceso entre 40 y 180 días y un tiempo promedio de 89 días. En cuanto a la altura de las camas el proceso se lleva en capas de 12 cm hasta alcanzar alturas promedio de 50cm.

En las plantas que trabajan de una manera técnicamente adecuada, se identifica que los procesos son más rápidos en los sitios con temperaturas más altas (Mayor que 19 °C), alrededor de los 50 días. El proceso biológico necesita de una etapa termófila inicial para lograr la inocuidad de la materia orgánica y la temperatura exterior ayuda a alcanzar más rápidamente esta etapa al interior de las pilas de compostaje o de las camas de lombricultura.

CORREAL, anuncia que la calidad del producto obtenido no es supervisada debidamente a través de análisis físicos, químicos y microbiológicos que garanticen su inocuidad. El Santuario, El Carmen de Viboral, Heliconia, Fosca, Fόμεque, Pupiales, Cajamarca e Ibagué, realizan esta supervisión y con frecuencias que no sobrepasan una vez cada año.

De acuerdo a lo anterior, de todo el material orgánico procesado ya sea por compostaje o lombricultura se obtiene sólo el 33% de producto en promedio, un dato vital para realizar proyecciones de comercialización.

7.8.2 Evaluación de normas técnicas. Con relación al cumplimiento de normas técnicas y operativas en cuanto al aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos, se evaluó el cumplimiento de requerimientos de carácter obligatorio y de carácter de recomendación como se presenta en la tabla siguiente:

El promedio de cumplimiento en cuanto a **compostaje** es del 36%, debido principalmente a la falta de separación de materiales que puedan generar contaminación en el material, a carencia de monitoreo, caracterización y a deficiencias en la homogenización del material y el mal manejo de los lixiviados especialmente al inicio del proceso.

La venta del producto orgánico se realiza informalmente sin ningún tipo de certificado. El ICA cuenta con requisitos para expedir certificados de calidad del compost (Resolución 0375 de 2004 – Registro ICA) que aseguren que su uso es inocuo pero los operadores de las plantas son renuentes a invertir en la aplicación de estos requisitos. El precio de venta más común de los productos orgánicos corresponde a \$5.000 el bulto (cada bulto oscila entre 35 y 50kg)² los valores altos corresponden a productos obtenidos a partir de residuos separados en la fuente y de plazas de mercado que garantizan que el material no tiene contaminación.

Tabla 7. Precios de comercialización del compost y humus

Unidad	Precio máximo	Precio mínimo	Promedio
\$/bulto	15.000	2.000	6.741
\$/Ton	250.000	7.000	143.594

FUENTE: CORREAL, Magda. Diagnóstico sectorial de las plantas de aprovechamiento de Residuos Sólidos. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Bogotá, Marzo de 2008; p.24.

La comercialización es bastante particular de cada planta y no existen lineamientos claros como en el caso de la producción. En cuanto a la transformación de orgánicos, se debe tener en cuenta, que estos procesos son llevados a cabo principalmente por empresas privadas, a través de compostaje, lombricultivos, etc. cuyos impactos se dan básicamente por la generación de olores ofensivos producidos durante la descomposición de la materia orgánica, además se afectan los suelos y las fuentes de agua, tanto superficiales como subterráneas por el derrame de lixiviados.

7.8.3 La Central Mayorista de Antioquia (CMA). La CMA, tiene un programa ambiental, el cual fue creado con el objetivo de construir una cultura ambiental para el manejo de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos, involucrando la comunidad consumidora y comercial en los procesos de participación social, con el fin de mitigar el impacto ambiental y mejorar las condiciones de la calidad de vida de los usuarios y beneficiarios de la Central. En cumplimiento de este objetivo, se crea la Cooperativa, “Cootrama”(Cooperativa de trabajadores de la mayorista), los cuales hacen la labor de separar desde la fuente con miras a un mejor aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos (80%) y así contribuir a la reducción de la carga de residuos en los rellenos sanitarios.

En pasados años, se hizo un trabajo por estudiantes de la Universidad Nacional donde sometieron a un proceso el material orgánico tomando como fase la postcosecha de frutas y hortalizas ya que son los que más contribuyen

a la generación de residuos, se propuso entonces el diseño de una planta de compostaje como una de las alternativas viables para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos que se generan en la CMA.⁷⁷

La CMA se está insertando en estrategias de **producción más limpia**, liderando una cultura de centrales de abasto en territorios ecológicos.

Dentro de las tendencias de gestión ambiental que se vienen aplicando para el manejo de volúmenes de residuos sólidos en la región, se tienen actividades de picado y procesamiento, vía microorganismos u otros tipos de bacterias o técnicas similares, almacenamiento temporal de los nuevos compuestos orgánicos. Los mercados de los subproductos que se elaboran con estas actividades están relacionados con problemas de otros entornos, como por ejemplo: La poca fertilidad de suelos, terrenos erosionados y deforestados, los altos costos de los agroquímicos y la poca presencia de nuestros productos en los mercados verdes internacionales, entre otros.

7.9 POLÍTICAS Y VIABILIDAD DEL RECICLAJE

La Política establecida por el Consejo Nacional Ambiental, donde relacionan los compromisos de cada uno de los actores para desarrollar una adecuada PMIRS, entre los cuales vale la pena resaltar:

- Manejo y recuperación del papel, implantando la práctica del almacenamiento y recolección selectiva con la participación de los recuperadores.
- Acuerdos con los recuperadores para la entrega del papel recuperado.
- Realizar convenios para el Programa Educativo Nacional y el Programa de
- Capacitación para los recuperadores, con el apoyo del Ministerio de Educación.
- Realizar convenios con las organizaciones de recuperadores para el desarrollo de programas de recolección selectiva y de prestación de servicios de aseo.
- Participar de manera responsable en los programas de recolección selectiva.
- Apoyar los programas educativos de recuperación y aprovechamiento de RS.
- Los recuperadores deben agruparse y responder a un plan de trabajo.
- Los recuperadores deben participar activamente en las actividades que promueva la asociación a que pertenecen.
- Capacitarse y divulgar los conocimientos adquiridos.

En la CMA existe una empresa de recicladores llamada COOTRAMA que da trabajo a casi 100 personas, educa y entrena constantemente recuperadores. Poseen un ingreso estable, representado por fuentes fijas y por contraprestación de servicios avaladas por la Administración de la CMA además están agremiados a las actividades y servicios de aseo Son propietarios de sus instrumentos de trabajo y se apoyan en la infraestructura desarrollada por la organización (bodegas, administración, maquinaria, servicios sociales, capacitación, asesorías, entre otros).

8. APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DE MANGO

El mango, *Mangífera Indica*, considerado como “el rey de los frutos tropicales”, es un árbol originario de la India, perteneciente a la familia de las Anacardiáceas. El mango se desarrolla de manera óptima en climas cálidos, adaptándose a una amplia gama de condiciones climáticas. En el trópico se cultiva desde el nivel del mar hasta los 620 m.s.n.m. Actualmente se cultiva principalmente en la India, China y en México que es hoy el mayor exportador mundial de mango.

Para el caso de Colombia, los cultivos de mango se agrupan en tres grupos: ⁷⁷

- Indios: que se caracterizan por tener un marcado sabor a trementina, por ser dulces y tener bajo contenido de ácidos; el color y la longitud de la fibra son variables y la piel es de color muy rojo.
- Indochinos y Filipinos: que son bastante dulces, no tienen fibra, tienen un bajo sabor a trementina y son de piel color verde - amarillenta.
- Cultivares de Florida: desarrollados a partir de cultivares Indios que se caracterizan por tener un alto contenido de ácidos, piel de color rojo muy atractiva y alta resistencia de la piel a la manipulación y al transporte en largas distancias.

Para la comercialización, el mango se empaqueta en capas de cartón especial, las cuales tengan un material que amortigue los movimientos en su periodo de transporte y distribución. Luego de un mes, entre la recolección y el consumo, el mango comienza a presentar problemas de calidad tras ser transportado en barco.

El tamaño de la fruta varía de 2.5-30 cm de largo. Su forma es ovalada o redonda, con un hueso interior de tamaño significativo. Crece en árboles de hoja perenne. Presenta grandes variedades de tamaño y caracteres. El color depende de la región donde este cultivado, pero abarca mezclas de verde, amarillo y rojo. Es una fruta climatérica (adaptación) que es estado de maduración, ideal para el consumo, dura pocos días.

8.1 COMPOSICIÓN DEL MANGO.

La semilla del mango abarca del 9 al 27% aproximadamente del peso total de la fruta. El color de la piel varía con la madurez y el cultivo. Su contenido de carotenoides aumenta durante su madurez; es buena fuente de provitamina A. La parte comestible del fruto total corresponde entre el 60 y el 75%. El componente mayoritario es el agua en un 84%. El contenido de azúcar varía de 10-20% y de las proteínas en un 0.5%. El ácido predominante es el ácido cítrico aunque también se encuentran el ácido málico, succínico, galacturónico, tartárico y oxálico en cantidades menores. ⁷⁸

Foto 8 : Mango en el árbol



Fuente: www.negociosverdes.com

8.2 CONTENIDO NUTRICIONAL.

El mango es consumido en estado fresco; ya que es considerado como una de las frutas tropicales más deliciosas. Representa una importante fuente nutritiva por su contenido en vitaminas y minerales. La tabla 10 muestra el contenido de nutrientes en promedio por 100g. El mango se caracteriza por ser una fuente importante de vitamina A, B y contiene cantidades variantes de vitamina C. Su composición depende de la variedad, así como en el estado de madurez que se tenga.

Tabla 8 Composición nutricional del mango

Agua	81.7%
Calorías	66 cal
Proteína	0.7 g
Grasa	0.4 g
Carbohidratos totales	16.8 g
Fibra	0.9 g
Ceniza	0.4 g
Calcio	10 mg
Fósforo	13 mg
Hierro	0.4 mg
Sodio	7 mg
Potasio	189
Vitamina A	4,800
Tiamina	0.05
Riboflavina	0.05
Niacina	1.1 mg
Ácido Ascórbico	35 mg

Fuente: Mango's food

8.3 COSECHA Y MADURACIÓN DEL MANGO.

Una maduración adecuada al mango de recolección es indispensable para su procesamiento. El mango recolectado demasiado verde produce una maduración no normal y desarrolla arrugamiento de la piel, sabor, color y aroma pobres y sobre madurado tampoco es bueno ya que desarrolla una pulpa muy suave alrededor del hueso. La mayoría de los cultivadores de mango se fijan en el cambio de tono de la cáscara para recolectarlos, el cual va de verde embotado a olivo. Debido a que el mango es una fruta climatérica, inmediatamente después de cosecharse, el mango se empaqueta rápidamente; puesto que dura aproximadamente 16 semanas y muestra un pico climatérico máximo alrededor de la cuarta semana. En la figura 14 se muestra el mínimo de condiciones básicas para esta fruta, corte adecuado, preselección y empaque. Los mangos que sean recogidos deben almacenarse a una temperatura que oscile entre los 18 y 22° C, alcanzando así su estado blando comestible en unos 8 a 10 días.⁷⁹

El almacenamiento y la conservación del mango es mejor si las frutas se someten a un pre-tratamiento de calor de 38° centígrados antes de aplicárseles temperaturas de enfriamiento de 5° centígrados, debido a que podrían desarrollar daños por frío en periodos más breves. Sin embargo, los almacenajes por largos periodos hacen que el contenido de azúcar sea menor en el mango.

Figura 14. Corte, preselección y empaque



Fotos: [www. Cadenamango.com](http://www.Cadenamango.com)

8.4 CONSERVACIÓN DEL MANGO

El propósito es alargar la vida de anaquel. Se debe considerar que el proceso de preservación puede no retener todas las características deseables en la fruta. Las principales formas de conservar a las frutas son: mínimamente procesadas, enlatadas, congeladas, irradiadas, cristalizadas, sometidas a altas presiones y tratamiento térmico. El principal proceso de preservación que se emplea es la deshidratación.⁸⁰

Figura 15 Deshidratación de mango

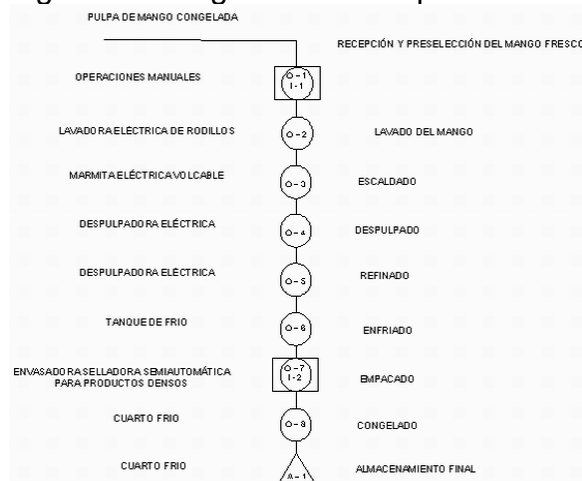


Fuente: Fundación produce Sinaloa S.A.

8.5 PROCESAMIENTO DEL MANGO.

La fruta fresca se procesa siguiendo este flujo que puede garantizar un excelente estado para su uso tanto industrial como en la industria bioquímica. En la figura 16 se muestra el diagrama de flujo de una procesadora de mango.⁸¹

Figura 16. Diagrama de una procesadora de mango



Fuente: Universidad del Tolima. Ingeniería de alimentos 2008

8.6 MERCADO DEL MANGO

Por ser una fruta que se cultiva en la zona intertropical del mundo, son muchos los países productores, lo que hace que el mercado sea muy competido. Sin embargo, no todos los países productores son exportadores, porque no todos cuentan con las variedades que más se demandan en los mercados internacionales. El mercado internacional es abastecido durante todo el año. Existen en el mundo más de 500 variedades comercializables de mango, entre los que sobresalen las siguientes:⁸²

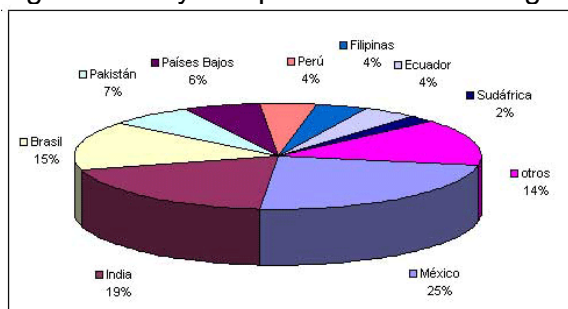
- Kent , de gran tamaño (entre 500 y 800 gramos) y con alto contenido de azúcares;
- Haden , que oscila entre los 380 y 700 gramos ;

- Tommy Atkins , de 600 gramos en promedio que se caracteriza por mayores tiempos de conservación;
- Irwin , mango más pequeño que los anteriores (340 g) y de menor calidad;
- Keitt (600 g) de pulpa firme y jugosa;
- Amelie originario de África Occidental;
- Manila Super muy pequeño (10 g) y de sabor fuerte;
- Ataúlfo de origen mexicano.

En Colombia, se produce mango en abundancia con los lotes repartidos por el país y es utilizado en gran proporción por la industria procesadora de alimentos.

La cantidad de residuos industriales generados en el procedimiento y que se consideran desperdicios, pueden ser racionalmente empleados para la extracción de materias primas. El residuo del mango común es un material vegetal que contiene gran cantidad de tejido lignocelulósico, el cual puede ser aprovechado para la obtención de metabolitos fermentables y productos de la fermentación.⁸³

Figura 17 Mayores productores de mango

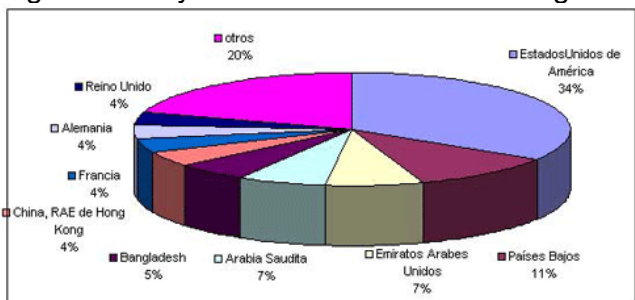


Fuente: Faostat

8.7 DEMANDA DE MANGO

Se concentra en los diez mayores consumidores de mango, en su orden, son: la India, China, Tailandia, Indonesia, México, Pakistán, Filipinas, Brasil, Nigeria y Egipto. Estos países reportaron para el año 2007 una tasa de consumo per cápita de 5,3 kilogramos por año (FAO 2007). Sin embargo, los países que no lo producen cuentan con altos niveles de consumo, en este sentido se destaca principalmente el mercado de los Estados Unidos (EE.UU.), seguido por países de la Comunidad Económica Europea (CEE). De acuerdo con MADR 2006 con datos de FAO, el consumo de mango fresco y procesado per cápita anual, el mayor consumo lo tiene la isla de Santa Lucía con 194 kilos/ habitante. Es de resaltar que de los diez primeros países, cuatro corresponden a islas de las Antillas (Dominicana, Granada, Cuba, Antigua y Barbuda), que tienen una altísima vocación turística representada en el flujo permanente de cruceros. Colombia por su parte, con un consumo de 3,58 kilos per cápita ocupó la posición número 47.

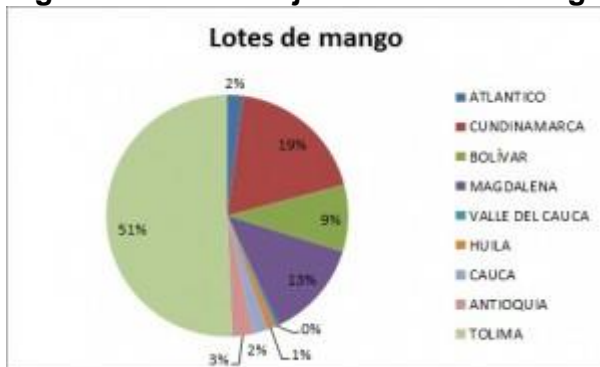
Figura 18 Mayores consumidores de mango



Fuente: Faostat adaptado por CCI

La mayor producción del mango en Colombia proviene principalmente de variedades criollas o prototipos regionales que se caracterizan por una alta estacionalidad de la cosecha. Igualmente, la mayor parte de la producción de mango criollo se destina y comercializa en el mercado nacional con la agroindustria, mientras que por su parte las áreas de mango fino se destinan para consumo fresco y solo una parte relativamente pequeña se exporta. De las 27.225 hectáreas con mango en producción en Colombia al 2008, se estima que el 26,6% pertenecen a variedades mejoradas o finas.⁸⁴

Figura 19 Porcentaje de lotes de mango por departamento



Fuente: Frutisito.org

Las empresas procesadoras de frutas con mayor participación dentro del sector, son: fabricación de jugos (40%); encurtidos y salsas (24%); conservas (16%); otros preparados como concentrados de frutas, pulpas de frutas y vegetales congelados (12%); mermeladas y jaleas (7%); los bienes finales de este sector se caracterizan por ser heterogéneos entre sí, y evidencian gran innovación y aporte de valor agregado. De acuerdo con el DANE y el Plan Frutícola Nacional PFN del 2006, la oferta bruta de mango en Colombia 2006 alcanzó 165.000 toneladas, de las cuales, el consumo urbano representó el 44% del total de ellas.

El mango tiene una producción superior a 31 millones de toneladas en 2007 (FAOSTAT; 2009). El 35-60% del peso total del fruto corresponde a los productos de la transformación, y son considerados un problema de eliminación grave, principalmente la cáscara (Ajila *et al.*, 2010). En los últimos años se han buscado alternativas de producción agrícola sustentable que permitan el

aprovechamiento de los residuos agroindustriales. Recientemente se han encontrado reportes sobre el uso de cáscaras para la producción de biogás (Mahadevaswamy & Venkataraman, 1990 y Madhukara *et al.*, 1993), como fuente de compuestos bioactivos como polifenoles, carotenoides, vitaminas y fibra dietaria (Larrauri *et al.*, 1997; Ajila *et al.*, 2007). Asimismo, se ha incorporado en alimentos como fuente de fibra (Ajila *et al.*, 2010) y evaluado su capacidad anticancerígena (Kim *et al.*, 2009). Sin embargo, existe poca información relacionada con el uso de cáscaras de mango como fuente de inductores de enzimas industriales de la fermentación de hongos.⁸⁵

Por otra parte, las cáscaras y el hueso del mango que pueden considerarse desechos pueden ser una fuente importante de compuestos bioactivos, tales como la pectina, polifenoles y manguiferina en las cáscaras, ácidos grasos poliinsaturados en el hueso y compuestos de naturaleza fenólica con actividad antioxidante y antiinflamatoria. Además se ha reportado una importante actividad antimicrobiana en extractos de huesos de mango, debido a la naturaleza de los compuestos polifenólicos que contienen (Engels *et al.*, 2009).⁸⁶

Se ha señalado que las cáscaras de diferentes variedades de mango contienen pectina de alta calidad, por su importante concentración en ácido galacturónico y así como fibra dietaria con un excelente equilibrio entre fibra soluble e insoluble, por lo que puede ser un ingrediente en alimentos funcionales con actividad hipoglucemiante, hipocolesterolemica e hipotrigliceridémica. Las pectinasas son un grupo heterogéneo de enzimas que hidrolizan las sustancias pécticas. Jayani *et al.* (2005) reportan una clasificación de tal forma: protopectinasas, polygalatunosas, lyasas y pectinesterasas. Las enzimas pectonolíticas pueden ser usadas en el tratamiento de residuos agrícolas y en la extracción de jugos y su clarificación.⁸⁷

Además la pulpa de mango presenta una mayor actividad antioxidante y una mayor concentración de compuestos fenólicos totales comparada con la pulpa de uva, guayaba y piña. Por su parte Robles-Sánchez *et al.* (2009) reportaron que el consumo de mango en personas redujo el estrés oxidativo y los niveles de triglicéridos en plasma.⁸⁸

De otra parte las cáscaras de mango criollo presentan en promedio 4.8% de proteína cruda, 29% de fibra dietética soluble y 27% de fibra dietética insoluble, dicho balance entre los dos tipos de fibra son similar al de la avena; por lo que con su ingesta se podría lograr una funcionalidad similar a la reportada para la avena, tal como: una disminución en la concentración de colesterol y glucosa en la sangre, un incremento en la eliminación de ácidos biliares, así como el crecimiento y proliferación de la flora bacteriana. De igual manera, se ha reportado una importante concentración de polifenoles y compuestos antioxidantes en la cáscara de mango (Schieber *et al.*, 2003; Ajila *et al.*, 2007; Ajila *et al.*, 2008).⁸⁹

Así mismo, en la semilla o hueso del mango se ha encontrado una importante actividad antioxidante, inclusive más alta que en la pulpa misma (Ribeiroa *et al.*, 2008; Soong y Barlow, 2004; Maisuthisakula y Gordon, 2009). Además, por

su perfil de lípidos el aceite de la semilla del mango puede ser empleado en confitería y en la elaboración de cosméticos (Álvarez, 2004).⁹⁰

Es así como la fibra de la cáscara o pulpa de mango, los extractos antioxidantes de la cáscara o hueso del mango podrían ser un ingrediente de alto valor agregado para la industria alimentaria, cosmética o farmacéutica.

8.8 PROCESAMIENTO DE RESIDUOS DE MANGO

En nuestro país los residuos agrícolas (cáscaras, huesos, bagazo, frutas y vegetales dañados o con problemas de madurez y calidad) representan un problema ambiental ya que no se cuenta con políticas adecuadas para su manejo y la mayoría de las veces son arrojados a los rellenos. Dichos residuos son generados en grandes pesos y volúmenes y sólo una mínima parte es reutilizada en la producción de alimento animal de bajo valor agregado.⁹¹

En cada una de las etapas de la cadena productiva (producción, manejo y comercialización) del mango se pueden generar mermas de esta fruta que se convertirán en desechos, debido a diversas problemáticas tales como:

- Durante la producción se puede presentar una saturación del mercado por una sobreproducción de mango, unidades de producción pequeñas y dispersas, problemas fitosanitarios y problemas de calidad (tamaño y madurez).
- Durante el manejo del mango, se ha detectado limitaciones en la infraestructura post-cosecha existente, calidad deficiente de empaques, falta de instalaciones para almacenamiento en frío, sólo la producción para exportación recibe tratamiento post-cosecha, falta de normas de calidad y su adecuada aplicación.
- Durante la comercialización una problemática importante es la salida tardía del mango al mercado.

Por otra parte, la mayor parte del mango se comercializa en fresco sin procesamiento industrial y falta promoción en los mercados internacionales (solo 22% de la producción se exporta). Dependiendo de la variedad de mango, la cáscara puede constituir 16 a 18% del peso total del fruto y el hueso 23 al 29%, por lo que junto con la pulpa que queda adherida a estos, un importante volumen de desechos se generan en las plantas procesadoras de mango (deshidratadoras y despulpadoras) (Bangerth y Carle, 2002).⁹²

En la CMA se producen 30 toneladas diarias de residuos orgánicos, que considerando sólo los de mango son aproximadamente de 1.7 a 2.5 ton/día. Lo que daría una buena cantidad para sacar subproductos.

8.9 APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL DEL MANGO

La obtención de pulpa, la cual se utiliza como materia prima en la producción de otros productos tales como; jugo de mango, néctar de mango, vino de mango, mango deshidratado, helados de mango, conservas de mango, dulces enlatados, salsas, yogurt de mango, mermeladas de mango, entre otros. Además, de la elaboración de la pulpa de mango se pueden obtener varios productos secundarios, ya que la parte comestible representa un 33 – 85 % aproximadamente de la fruta fresca, mientras que la cáscara y la semilla cerca de un 7 – 24 % y 9 – 40 % respectivamente. Los productos secundarios que se generan del procesamiento industrial del mango suman cerca del 35 – 60 % del peso total de la fruta (Bernardini y col., 2005).⁹³

Estos subproductos se obtienen de los residuos del procesamiento del mango (cáscaras y semillas), los cuales constituyen un problema de disposición de los mismos si no van a ser usados para la alimentación animal, de allí que muchos investigadores en búsqueda de un aprovechamiento integral del mango que implique una producción sustentable han desarrollado varias propuestas. Por ejemplo, las semillas del mango pueden ser usadas para la obtención de grasas, antioxidantes naturales, almidones, harinas, aceites y piensos para animales. En el caso de las cáscaras, éstas son usadas para producción de biogás, fibra dietética con una alta actividad enzimática, otros estudios han demostrado la posibilidad de utilizar las cáscaras del mango como fuente para la obtención de pectinas (Bernardini y col., 2005. Opus Citato).

La celulosa y la hemicelulosa son los principales polisacáridos de la pared celular de las plantas, y pueden ser fácilmente degradados a azúcares fermentables por enzimas secretadas por hongos filamentosos principalmente del género *Aspergillus* y *Trichoderma*. Las enzimas celulolíticas son un sistema complejo de enzimas compuesto de exo- β -1,4-glucanasas (EC 3.2.1.91), endo- β -1,4-glucanasas (EC 3.2.1.4) y β -glucosidasas (EC 3.2.1.21), que actúa sinérgicamente para degradar el sustrato de celulosa y otros oligosacáridos a glucosa (Faria *et al.*, 2008 & Briwani *et al.*, 2010). De esta forma se obtienen azúcares que pueden ser utilizados para la producción de etanol.⁹⁴

8.10 PRODUCTOS DE VALOR AGREGADO

Uno de los principales factores para dar valor agregado a los productos del mango, requiere del trabajo colaborativo de los diversos eslabones de la cadena productiva del mango para formar una red, incluyendo a grupos de investigación, innovación y desarrollo de productos funcionales. En este proceso es indispensable un adecuado y eficiente mecanismo de transferencia de la tecnología al usuario final (integradoras, procesadoras y empresarios), lo cual facilitara la formación de nuevos agronegocios y la comercialización de alimentos funcionales a partir del mango.

Para diseñar un alimento funcional se requieren diversos estudios analíticos, químicos y fisicoquímicos, además de análisis *in vitro*, *in vivo*, microbiológicos, toxicológicos, sensoriales, entre otros. Sin embargo, para poder pensar en su comercialización es necesario producirse primero en plantas piloto y

posteriormente escalar los procesos de producción a nivel industrial. Así mismo, es necesario realizar estudios de mercado y de aceptabilidad por parte del consumidor. Por último, si se han pasado exitosamente las etapas anteriores se requiere elaborar un plan de negocios para poder buscar financiamiento que se concrete en la puesta en marcha de los proyectos ejecutivos de las plantas procesadoras de productos de alto valor agregado. Todo este proceso requiere de un grupo de trabajo multidisciplinario de especialistas. Es por lo cual surge la necesidad de promover el trabajo multidisciplinario de investigación, innovación y escalamiento de productos funcionales de alto valor agregado a partir del mango. Cuya finalidad sea la transferencia de tecnología a través de proyectos de desarrollo, estudios de mercado y planes de negocio de productos funcionales de alto valor agregado: de igual manera, dar capacitación y el asesoramiento necesario durante la puesta en marcha y ejecución de los proyectos de las plantas de procesamiento de los productos de alto valor agregado.⁹⁵

8.11 VALORIZACION DE DESECHOS DE MANGO

La valorización de los desechos provenientes de la cadena productiva y del proceso de cargue y descargue del mango dentro de la CMA, puede presentar diversas limitantes. Una es su posible contaminación microbiana, ya que una vez iniciado un proceso de descomposición su transformación a un producto de mayor valor agregado será difícil. Así mismo, es indispensable que la cáscara de mango no presente rastros de fertilizantes o recubrimientos tóxicos, lo que implica prácticas agrícolas sustentables y sostenibles que no serían fácilmente garantizables en la CMA. Además de lo anterior, la mayor limitante para la explotación de estos desechos son los costos de manejo, estabilización, transporte y almacenamiento. Sin embargo, estos desechos son una fuente muy importante de compuestos bioactivos de alto valor agregado, en particular fibra dietaria, micronutrientes, polifenoles, carotenoides, antioxidante, entre muchos otros. Es importante resaltar que la cantidad de estos nutrimentos y compuestos que le dan funcionalidad a los residuos o subproductos del mango (cáscara, pulpa, hueso) estará influenciado por diversos factores físicos, químicos y biológicos, tales como la variedad, especie, estado de madurez, factores precosecha y poscosecha (Mercadante y Rodriguez- Amaya., 1999)⁹⁶

Por lo tanto, realizando prácticas agrícolas sustentables, así como una adecuada selección y manejo de la materia prima, los desechos de mango pueden procesarse para el desarrollo de nuevos productos o extracción de moléculas de alto valor agregado; lo cual representa nuevas oportunidades de negocio.

Existen básicamente tres grupos de tecnologías para la recuperación de recursos: la valorización biológica y química, la obtención de combustibles (derivados de residuos) y la valorización térmica (Abraham, Ramachandran y Ramalingam, 2007).⁹⁷

8.11.1 Valorización biológica y química. Este tipo de tecnología permite efectuar la disposición final de los residuos orgánicos para obtener gases, líquidos o sólidos que pueden ser comercializables. Entre los procesos

biológicos más comunes y más usados por las industrias se encuentran el compostaje y la lombricultura. A continuación se realiza una breve descripción de éstos y de otras alternativas pertenecientes a este grupo.

8.11.2 Compostaje. El compost es el producto final obtenido mediante un proceso de descomposición biológica de la materia orgánica, en condiciones controladas de humedad y temperatura, que oscila entre 50 y 70°C, provocando así la destrucción de elementos patógenos y por tanto la total inocuidad del producto. Este material puede ser usado como mejorador de suelos o como abono.

Figura 20 Elementos utilizados en el compost



8.11.3 Lombricultura. La lombricultura es una técnica en la que además del abono, se puede obtener proteína animal usando para ello la lombriz roja californiana que se alimenta de la materia orgánica y la convierte en humus o abono natural (Cardona, 2002).⁹⁸

El humus, producido por la lombriz, está compuesto principalmente de carbono, oxígeno, nitrógeno e hidrógeno, encontrándose también una gran cantidad de microorganismos como hongos y bacterias. Las cantidades de estos elementos dependerán de las características químicas del sustrato que dieron origen a la alimentación de lombrices. Estas lombrices pueden criarse en cualquier lugar del planeta que posea temperaturas entre 20 y 25°C, un intervalo de temperatura en el cual esta técnica presenta su mayor rendimiento.⁹⁹

Figura 21 Lombriz roja californiana



Fuente: Legall, Dicovski y Valenzuela, 2008

8.11.4 Pectinas. Las pectinas son polisacáridos que se componen principalmente de unidades de ácido galacturónico unidas por enlaces glicosídicos α 1-4. Son sustancias blancas amorfas que forman en agua una solución viscosa; combinadas en proporciones adecuadas con azúcar y ácidos, forman una sustancia gelatinosa utilizada como espesante.¹⁰⁰

8.11.5 Enzimas. Las enzimas son biocatalizadores de naturaleza proteica. Todas las reacciones químicas del metabolismo celular se realizan gracias a la acción de catalizadores o enzimas.¹⁰¹

8.11.6 Aceites esenciales. Comúnmente llamados esencias. Están constituidos principalmente por terpenos, son sustancias de consistencia grasosa, más o menos fluidas, a veces resinosas, muy perfumadas, volátiles, casi siempre coloreadas y más livianas que el agua. Los aceites esenciales pueden extraerse de las flores, hojas, semillas, frutos, cortezas, raíces o de la madera.¹⁰²

8.11.7 Flavonoides y carotenoides. Los flavonoides o bioflavonoides son pigmentos naturales presentes en las frutas y en los vegetales, así como en el café, la cocoa y la cerveza, que protegen del daño de los oxidantes, como los rayos ultravioleta. Los flavonoides se utilizan como suplemento alimenticio para animales y humanos, ingredientes de bebidas refrescantes y confites, desodorización, desinfección, inhibidores de trombosis, antiinflamatorios, inhibidores de cáncer, antialérgicos, edulcorantes, bioflavonoides (vitamina P) y antioxidantes.¹⁰³

8.11.8 Fibra dietaria (alimento para animales y humanos). Constituyente que da firmeza y textura fuerte a las estructuras externas de las frutas. Posee efectos preventivos contra determinadas enfermedades cardiovasculares y ayuda a mejorar la función gastrointestinal. La fibra dietaria obtenida principalmente de las cortezas de las frutas, consta de polisacáridos estructurales (celulosa, hemicelulosa, pectinas, rafinosa y estafinosa), polisacáridos no estructurales (gomas y mucílagos), sustancias estructurales no polisacáridas (lignina) y de otras sustancias como cutina, taninos y suberina (Gutiérrez et al., 2002).¹⁰⁴

8.11.9 Obtención de combustibles. El biogás es el producto gaseoso que se obtiene de la descomposición de la materia orgánica mediante acción bacteriana o de su combustión en condiciones anaeróbicas y por esto es considerado como un subproducto del compostaje y de la pirólisis. El biogás está compuesto principalmente por metano (50-60 %), dióxido de carbono (35-45 %) y trazas de hidrógeno y nitrógeno. Es incoloro, inodoro e insípido, por lo que es difícil detectarlo. Se usa para la producción de la energía eléctrica, térmica y como biocarburante. Para la generación de biogás hay dos variables de principal interés, la temperatura y el tiempo. La temperatura de proceso debe estar entre 30 y 40 ° C y el tiempo para alcanzar la producción adecuada de metano depende de la temperatura y de la materia orgánica empleada. Otro uso importante del biogás es la obtención de hidrógeno. Este proceso consiste en una descomposición térmica catalítica del metano contenido en el biogás. Finalmente, el flujo gaseoso obtenido debe ser limpiado para conseguir un producto con bajo contenido de CO lo que lo hace adecuado para usarse como combustible, así como en la síntesis de amoníaco, metanol, en refinerías, entre otros (Fernandez, 2005). Para la obtención del metanol, se requiere que el material biomásico usado tenga una humedad inferior al 60 %, ya que los residuos con una humedad alta tienen un bajo poder calorífico.¹⁰⁵

8.11.10 Valorización térmica. Desde el punto de vista físico y químico, los procesos de conversión energéticos se basan en la degradación de las moléculas orgánicas por la acción del calor, buscando la reducción de su volumen y la recuperación de energía a partir de los gases, líquidos y sólidos que se generan. Estos procesos térmicos pueden clasificarse según los requerimientos de oxígeno. Los que requieren de oxígeno se conocen como calderas o incineradores. Los que no, se conocen como pirólisis y termólisis (Mesa et al, 2007).¹⁰⁶

8.11.11 Incineración. La combustión crea gases calientes que por una transferencia de calor por convección transforman el agua contenida en los tubos en vapor de agua. Este vapor puede ser usado para generar energía. Durante este proceso se generan ciertas sustancias tóxicas conocidas como dioxinas y furanos. Las dioxinas y furanos son compuestos órganoclorados con características químicas similares que se caracterizan por su persistencia en el ambiente y su baja biodegradabilidad. No se recomienda la incineración sin aprovechamiento energético, ya que se produce CO₂ que contribuye al efecto invernadero y calentamiento global.¹⁰⁷

8.11.12 Pirólisis. La pirólisis consiste en la descomposición de la materia orgánica por calentamiento hasta llegar a la degradación de las sustancias carbonosas, entre 400 y 800°C, en total ausencia de oxígeno y presión controlada. Este método puede reducir el volumen de los residuos hasta en un 95%. La pirólisis teórica de una molécula de celulosa genera CO, H₂ y C; además de metano, dióxido de carbono y vapor de agua, entre otros, que originan serios problemas de índole ambiental. Cuando un residuo es pirolizado se obtiene una mezcla de gas, líquido y sólido según el tipo de residuo y la tecnología usada que permita un mayor grado de utilización.¹⁰⁸

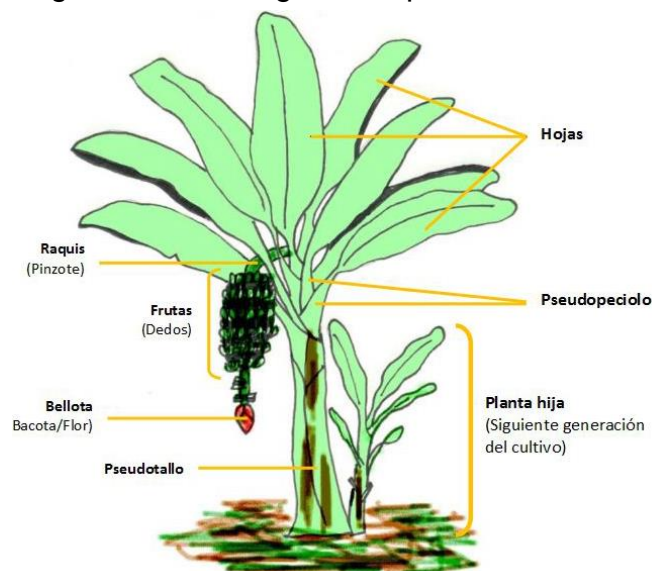
9. APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DE BANANO

El banano es una planta herbácea gigante, perteneciente a las Musáceas. Es originario del Sudeste asiático, de una región situada en la India y al este de la península de Malaya. Su ciclo de vida es de 10 a 15 años, dependiendo del manejo técnico. Es un cultivo propicio para climas subtropicales y tropicales con temperaturas óptimas entre 22C° y 25C°. Se siembra y cosecha todo el año. La planta de banano está conformada por raíz, pseudotallo, raquis, hojas, racimo, e inflorescencia. La planta es herbácea perenne gigante, con rizoma corto y tallo aparente, que resulta de la unión de las vainas foliares, cónico y de 3,5-7,5 m de altura, terminado en una corona de hojas. Existen por lo general de siete a nueve hojas grandes y bien desarrolladas antes de que la inflorescencia y el tallo comiencen a crecer. Las hojas son enormes, alargadas y ovales, con nervios abundantes. ¹⁰⁹

Exige un clima cálido y una constante humedad en el aire. Necesita una temperatura media de 26-27°C, con lluvias prolongadas y regularmente distribuidas. Son preferibles las llanuras húmedas próximas al mar, resguardadas de los vientos y regables. Es poco exigente en cuanto a suelo, ya que prospera igualmente en terrenos arcillosos, calizos o silíceos con tal que sean fértiles, permeables, profundos, ricos y bien drenados, especialmente en materias nitrogenadas. ¹¹⁰

El banano es objeto de una reglamentación internacional muy precisa, de una marcada competencia entre los productores y de agudas disputas comerciales, hasta políticas, entre miembros de la Unión Europea.

Figura 22 Morfología de la planta de banano



Fuente: Ana María Gómez Berrío. Eafit .2009

9.1 COMPOSICIÓN DEL BANANO.

Aporta unas 90 calorías por 100 gramos, es rico en azúcares y apenas contiene proteínas y grasas. Muy rico en potasio y magnesio, pobre en sodio, tiene también algo de hierro, betacaroteno, vitaminas del grupo B –sobre todo, ácido fólico– y C, buena fibra y algo de vitamina E. La presencia de las tres vitaminas antioxidantes (A, C y E) hace que figure como ‘fruta-salud’, un poco diurética y suavemente laxante, energética y remineralizante. Por todos esos motivos, constituye una fuente de energía natural y gustosa, excelente para niños y deportistas, porque sus carbohidratos ricos en almidón se digieren muy bien cuando el plátano está maduro. Un banano mediano aporta 130 calorías y contiene potasio, un mineral muy necesario y difícil de encontrar en otras frutas. El azúcar de las frutas es fructosa, pero el banano contiene además glucosa. No conviene a los diabéticos. En la actualidad, la alta cocina lo utiliza desecado, maduro y pelado para labores de pastelería y es seguro que muchos bebés habrán comido la deliciosa y nutritiva papilla de plátanos maduros con azúcar. Los bananos son muy ricos en hidratos de carbono por lo cual constituyen una de las mejores maneras de nutrir de energía vegetal nuestro organismo. Serán muy indicados para la dieta de los niños, que precisan muchas veces de un alimento que pueda saciar su hambre rápidamente. Igualmente para los deportistas o para cualquier persona que requiera un sano "tentempié" en cualquier momento. La composición de banano según la FAO 2009 por cada 100 gr. es la siguiente: ¹¹¹

- Agua 74, 2 gr.
- Energía 92 Kcal
- Grasa 0, 48 gr.
- Proteína 1. 03 gr.
- Hidratos de carbono 23, 43 gr.
- Fibra 2, 4 gr.

Es una fruta muy digerible, rica en componentes que estimulan la digestión por lo que es muy adecuada para combatir los casos de inapetencia, entre ellos la anorexia. Si llegar a casos tan extremos, los bananos pueden despertar el apetito en los niños que tienen poca hambre, aun más cuando combinan con otros alimentos naturales, como las manzanas o las uvas, para realizar estupendas macedonias de frutas, muy ricas y nutritivas. Igualmente combinan muy bien con la leche, por ello tenemos la oportunidad de elaborar estupendos batidos, muy nutritivos.

9.2 COSECHA Y MADURACIÓN DEL BANANO.

En el caso del banano, la calidad del producto final depende de muchos factores, algunos ambientales y por lo tanto poco controlables y otros directamente relacionados con la gestión del producto. De todas maneras, desde el punto de vista del consumidor, el grado de maduración es el factor que más se relaciona con la calidad de la fruta. Por este motivo es importante conocer todos los cambios en la respiración, sabor, aroma, textura y color que ocurren durante la maduración. El principal índice de cosecha que se utiliza en las plantaciones es el grado de llenado de los dedos. Los bananos se cosechan

en estado verde-maduro (piel completamente verde pero fisiológicamente maduros) y posteriormente, se les aplica el tratamiento para inducir la maduración de consumo debido a que las frutas maduras en la planta a menudo presentan exceso de madurez y baja calidad organoléptica.¹¹²

El proceso de maduración del banano se caracteriza por una secuencia de cambios físicos, químicos, bioquímicos y metabólicos que permiten al fruto alcanzar sus atributos sensoriales (forma, color, sabor, aroma, textura) característicos de la especie (Wills, 1981)¹¹³

9.3 CONSERVACIÓN DEL BANANO

La actividad enzimática durante la maduración y senescencia produce el ablandamiento de los tejidos, que acelera la descomposición. Existen métodos que permiten mantener la calidad por periodos más largos, no obstante algunos son costosos y otros pueden afectar seriamente la textura, color y sabor de la fruta (Giraldo. 2004) ¹¹⁴

9.4 PROCESAMIENTO DEL BANANO.

Las labores de beneficio del banano se contemplan con las siguientes actividades: ¹¹⁵

Barcadillero: -barcadilla se ubica en la entrada de la empacadora- Inspección de calidad a los racimos para seleccionar las manos o clusters aptas de acuerdo a las especificaciones del embarque.

Desmane: Consiste en separar las manos del racimo mediante la herramienta denominada desmanadora y depositar las manos seleccionadas en el tanque de Desmane.

Gurbia: Consiste en dividir las manos en gajos más pequeños de acuerdo con las especificaciones de calidad. La herramienta utilizada es la Gurbia. Los clusters seleccionados se pasan al siguiente tanque (tanque de desleche), allí la fruta sufre un proceso de sellamiento y no emite más látex.

Pesaje de fruta: Los clusters permanecen más o menos quince minutos en el tanque de desleche y luego se seleccionan y pesan en bandejas plásticas. Debe ir un peso neto mínimo de fruta de 19.1 kilos, ya que en el proceso de deshidratación durante el transporte, la fruta pierde peso y al comprador se le tiene que entregar un peso neto de fruta de 18.14 kilos por caja.

Desinfectación de fruta: Es aplicar una solución de fungicida o desinfectante de tal manera que garantice un cubrimiento de las coronas y no permita que a los clusters les de enfermedades poscosecha.

Empacado de cajas: Esta labor la precede el sellado de fruta y la armada y pegada misma de la caja. Una vez empacados los bananos se procede al Tapado de cajas.

Paletizado: Es agrupar las cajas sobre una estiba de forma tal que facilite el transporte, cargue y descargue, manteniendo la calidad de la fruta. Estas paletas constan de 48 cajas en total, distribuidos en ocho líneas verticales.

9.5 MERCADO DEL BANANO

El banano es exportado para ser consumido principalmente como fruta fresca, pero hay otras formas de utilización: para la fabricación de almidón y harina, para uso alimentario e industrial; como pulpa de banano para la elaboración de alimentos infantiles; como jugo de banano clarificado; como bananos deshidratados. Asimismo se han hecho esfuerzos para utilizar partes de la planta y del fruto como materia prima para la fabricación de papel y de alcohol, a partir de los desechos fibrosos. La existencia de una demanda mundial sostenida, en los países en desarrollo (PED), por su elevado crecimiento demográfico, y en los países desarrollados (PD), especialmente en los países de la OECD, en razón de la creciente preferencia de los consumidores por las frutas exóticas. La aplicación de un eficiente sistema técnico de producción y distribución, particularmente a partir de finales del siglo XIX (con la mecanización de la preparación de las parcelas y de la recolección; la intensificación del uso de la irrigación y de los insumos químicos; la selección varietal; el control de la maduración de los frutos en los transportes y los almacenes; la aplicación de sistemas rápidos de transportes y de modernos sistemas de embalaje, etc.).¹¹⁶

9.5.1 Zonas Productoras. Son las zonas de Urabá y Santamarta en Colombia donde se produce banano para exportación.

Magdalena. Estos son datos entregados por Augura en el 2011 para la zona bananera de Santamarta: El departamento del Magdalena hace parte de la regiones naturales de la Sierra Nevada de Santa Marta y Valle del Bajo Magdalena. Posee una extensión de 23.188 Km² , que representa el 2.03% al compararla con el territorio nacional y el 11.5% con relación a la Llanura del Caribe; el territorio del Magdalena limita con el Mar Caribe y los departamentos de la Guajira, Cesar, Bolívar y Atlántico, con un perímetro de 1.065 Kms; La actividad bananera de Magdalena comenzó a finales del siglo XIX siendo Santa Marta la primera y principal área de cultivo del banano en Colombia; A junio de 2012 había 12.000 has; incluyendo la Guajira) en producción, de las que el 41% están afiliadas a AUGURA; genera 8 mil empleos directos y 24 mil indirectos; exporta anualmente alrededor de 22 millones de cajas de banano; Corbanacol y Fundauniban, fundaciones sociales del sector, desarrollan programas de vivienda, salud, educación, recreación, cultura y deporte para mejorar las condiciones de vida de la población; los primeros cultivos se establecieron en la cara Oeste del Piedemonte de la Sierra Nevada de Santa Marta; a la economía nacional le genera ingresos por valor de 170 millones de dólares,aproximadamente.

Los principales mercados a donde llega la fruta producida en Magdalena, son la Unión Europea y los Estados Unidos.

Urabá. Estos son algunos datos dados por Augura en el 2011 con respecto a la zona bananera de URABÁ: La actividad bananera se desarrolla desde 1960 en el llamado eje o corredor bananero que conforman los municipios de Chigorodó, Carepa, Apartadó y Turbo; a junio de 2012 hay 35.000 has en producción; genera 24 mil empleos directos y 72 mil indirectos; emplea así mismo otras 3.000 personas en sus fábricas de producción de cajas, sellos, plásticos, astilleros, servicio de fumigación, y en otras actividades del proceso de integración vertical que ha desarrollado; exporta anualmente alrededor de 72 millones de cajas de banano, es decir, unas 1.440 toneladas; a la economía nacional le genera anualmente ingresos por valor de 576 millones de dólares, participando con el 35% en el total de las exportaciones antioqueñas y con el 4% en el total de las exportaciones colombianas; las compañías comercializadoras encargadas de llevar la fruta desde Urabá a los mercados internacionales, son: Uniban, Banacol, Conserba, Banafrut y Tropical.

Los principales mercados a donde llega la fruta producida en Urabá, son la Union Europea y los Estados Unidos. Hacia ellos se dirige el 95% de la producción.

9.5.2 Oferta. La oferta mundial del banano, según la FAO, en el año 2002 fue de 14'620.000 toneladas, equivalentes a aproximadamente unas 806 millones de cajas.¹¹⁷

Los principales productores en el mundo son India con el 23.7% de la producción mundial, Ecuador con el 9.5%, Brasil con el 9%, China 7.6% y Filipinas con el 7.3%. Por su consumo interno, muchos de los grandes productores no son a la vez los grandes exportadores. Se estima que el autoconsumo puede llegar a un 78 % del total producido mundialmente. El resto, cerca de un 23 %, es objeto del comercio internacional. La variedad de exportación es Cavendish, la cual representa el 43% de la producción mundial. Ecuador es el más grande exportador con el 34%, seguido de Costa Rica con el 16%, Filipinas con el 14%, Colombia con el 13% y Guatemala con el 7%. Se estima que entre 1991 y 2002 la oferta ha crecido en aproximadamente un 53%, principalmente por el incremento de la producción de Ecuador en un 58%, Costa Rica 22%, Colombia 12%, Filipinas 79% y Guatemala 189%. Los principales factores que se indica, han influido en este crecimiento son:

9.5.3 Demanda. De acuerdo a estimaciones de la FAO, en año 2002 la demanda fue de 13'921.000 toneladas, equivalentes a aproximadamente 709 millones de cajas. Las áreas de mayor consumo son América del Norte (6 % de la producción mundial), Europa Occidental (5 %) y Japón (2 %).¹¹⁸

Cinco países explican el 76% del consumo mundial: la Unión Europea participa con el 34%, Estados Unidos con el 28%, Japón el 7%, Rusia con 5% y China con el 7%. Entre 1991 y 2002 la demanda mundial de banano ha crecido en un 59%. Este crecimiento se explica principalmente por el crecimiento de la demanda de la Unión Europea en un 56%, Estados Unidos en un 36%, Japón en un 16%, y de Rusia y China en 1500% y 3000% respectivamente (aunque representan solo el 7% del consumo mundial). Como resultado de la apertura de sus mercados. El crecimiento del mercado de La Unión Europea es

resultado de la incorporación de tres nuevos países al bloque Europeo como fueron Finlandia, Suecia y Austria que obligó a establecer una Nueva cuota de acceso a ese mercado. El crecimiento de Estados Unidos fue resultado de la reducción de la oferta de otras frutas, en especial manzanas y naranjas por la sequía que sufrió dicho país, sin embargo desde el 2000 volvió a sus volúmenes normales de producción. Adicionalmente desde mayo (2003) se incorporan 10 nuevos países al bloque de la Unión Europea, entre los cuales se encuentran Polonia y Hungría importantes compradores de banano. Este cambio provocará un nuevo aumento de la cuota europea para los países latinoamericanos pero a niveles que no afecten la protección que reciben sus ex - colonias, como son los países africanos y caribeños, sin embargo es posible que este cambio provoque un movimiento en los niveles de precios de la Unión Europea y una redefinición de la demanda en el mundo.

A esto se debe sumar las nuevas regulaciones que están imponiendo la propia Unión Europa y los Estados Unidos, la primera con el denominado EUROGAP, exigencias de los supermercados europeos que obligan a los productores a disponer de una serie de medidas para precautelar los aspectos sanidad y de los trabajadores, así como aspectos de carácter social. En Estados Unidos las nuevas exigencias están referidas al control del terrorismo, además en los últimos años se observa mayores exigencias en el control de los insumos utilizados en la agricultura para precautelar la salud de los habitantes, todos estos aspectos están cambiando la demanda del banano y los requerimientos para la producción de la fruta y finalmente las amenazas del cuidado de la salud mediante dietas que buscan reducir o eliminar los carbohidratos, todos estos aspectos deben ser observados ya que marcarán la tendencia del consumo de la fruta en los próximos 10 años.

El consumo per-capita anual presenta una tendencia creciente, a pesar de haber ya alcanzado cifras importantes. En 1993 el consumo promedio mundial de banano era de 3 Kg./persona/año. Estadísticas de la FAO más recientes, revelan un aumento significativo del consumo per-capita anual, con un promedio mundial de 9 kg. Los mayores niveles de consumo se observan en Brasil (35 Kg./p/año), México (23), Suecia (17), Portugal (17), Austria (15), Alemania (14), Estados Unidos (13), Australia (12), Indonesia (12), Bélgica - Luxemburgo (12), Reino Unido (11), España (11), Argentina (10) y Nigeria (10).

9.6 PROCESAMIENTO DE RESIDUOS DE BANANO

Para poder entregar una fruta de óptima calidad en los mercados internacionales, la explotación tradicional del banano consume principalmente fertilizantes, fungicidas, herbicidas, nematicidas, plásticos, cajas y estibas de madera. Cada una de estas prácticas deterioran en mayor o menor grado la rentabilidad del cultivo y los componentes del ambiente: aire, suelo, agua, flora y fauna. Conscientes de esta situación, mundialmente los consumidores, las comercializadoras, los productores y los investigadores del cultivo, tratan de reorientar los sistemas tradicionales de consumo, distribución, producción e investigación ¹¹⁹

9.7 IMPACTOS EN LA ACTIVIDAD BANANERA

El uso intensivo de fertilizantes, plásticos y agroquímicos, las condiciones climáticas de las zonas productoras, la red densa de drenajes y sistemas de riego establecida, los han deteriorado al punto que han alterado sus propiedades originales. La salinización, la acidificación, la impermeabilización y la erosión de los suelos, la eutroficación, la acumulación de desechos y de pesticidas en el aire, suelo y agua, la pérdida de biodiversidad y la contaminación de las cadenas alimenticias en las zonas bananeras, son algunas de ellas.¹²⁰

Los residuos domésticos de los habitantes de las zonas bananeras también hacen parte de la problemática ambiental, la falta de infraestructura en estas regiones no permite que se manejen adecuadamente estos residuos, hasta el punto que se depositan a cielo abierto sin ningún control. En los municipios del eje bananero de Urabá, cada habitante produce un promedio de medio kilo de residuo diariamente, lo que representa aproximadamente un total de 53.250 toneladas de residuos anuales. Éstos se deberían separar en residuos biodegradables, reciclables y no reciclables. Los primeros pueden ser devueltos adecuadamente al suelo de las plantaciones y los otros se deben acumular para reciclarlos o disponerlos en sitios técnicamente adecuados. Nunca se deben incinerar a campo abierto o acumular cerca a las viviendas o cauces de los ríos, esto ayudaría a disminuir los focos de insectos vectores de enfermedades, roedores y malos olores, los lixiviados peligrosos, y la contaminación de los elementos ambientales, entre otros.

9.7.1 Suelos. Las zonas bananeras se ubican en suelos de una región tropical lluviosa (Urabá) que lixivia y erosiona las bases nutritivas y de una zona tropical seca (Magdalena) donde se salinizan y/o sodifican. Además, el manejo y uso intensivo de agroinsumos (fertilizantes, plásticos y agroquímicos) combinados con las condiciones climáticas y la red densa de drenajes y riego establecidas en estas regiones, los han deteriorado al punto que han alterado sus propiedades físico - químicas originales.

Los cultivos de banano se han establecido en tierras de alta vocación agrícola mecanizada o tradicional y con gran riqueza hidrológica, estas zonas son de mediana y alta vulnerabilidad a los procesos productivos, y no son recomendables para el desarrollo urbano intensivo, industrial, minero y de recreación. Debido a la importancia que ha tenido el establecimiento de la agroindustria en estas áreas, se requieren planes de protección y manejo ambiental con carácter conservacionista pero sin descuidar la productividad.

Los mercados internacionales exigen fruta de alta calidad, esto demanda un estricto control de calidad sobre la fruta que causa un alto porcentaje de fruta no exportada. Por esto existe un problema ambiental en las zonas bananeras colombianas debido a la producción de más de 250 mil toneladas por año de fruta no exportada y unos 75 millones de vástagos apilados en el campo sin ningún tipo de tratamiento, prácticas que causaban efectos ecológicos adversos. Debido a que esta fruta no tenía un consumidor final, y a que más del 90% se dejaba en los campos sin ninguna clase de tratamiento para que se

deteriorara in situ, se causaban efectos detrimentales al ambiente (moscas, malos olores, contaminación de aguas, problemas sanitarios).

En las fases de construcción y adecuación de obras para el cultivo, (preparación del terreno, construcción de vías, deforestación, instalación del cable vía, construcción de la red de drenajes, construcción de instalaciones), el suelo es afectado debido a que se remueven cantidades considerables de capas vegetales y horizontes superficiales de suelo, los cuales si no se manejan de manera adecuada, pueden alterar negativamente las condiciones físicas del suelo especialmente en cuanto a modificación de la estructura natural y compactación, generándose problemas de erosión, encharcamientos, impermeabilización, etc. En la fase de siembra y producción las quemadas de residuos en superficie de manera incontrolada, producen una degradación en la calidad de los suelos, especialmente por destrucción de la cobertura vegetal y alteración de la microfauna. El banano Cavendish de exportación requiere ser amarrado para evitar pérdidas considerables de fruta. Para esto siempre se ha utilizado la sogá denominada "nylon" que está hecha de un material (Polipropileno) prácticamente no degradable. Con los años este material se viene acumulando en los suelos causando efectos ambientales negativos, al crearse una red de "nylon" en su interior que afectó su drenaje, su estructura y el desarrollo normal y toma de nutrientes de las raíces. También se ocasiona estrangulamiento de plantas que posteriormente se caen por anclaje deficiente y la pérdida paulatina de la fertilidad real de los suelos.

Para obtener mejor calidad y mayor cantidad de fruta, los racimos de banano se cubren con una bolsa plástica de Polietileno. Esta práctica crea dentro de la bolsa un microclima favorable que aumenta el tamaño (largo y grosor) y peso de la fruta, mejora la apariencia (color y brillo) y suavidad de la cáscara del banano y protege al racimo contra plagas, productos químicos, radiación solar y del roce con hojas. Estos insumos, luego de ser utilizados en el proceso se convierten en desechos de postconsumo, no biodegradables que causan un efecto nocivo en el ambiente al no brindarles un manejo adecuado. La falta de elementos sustitutos que puedan cumplir las mismas funciones, competir con costos y rentabilidad y que sean biodegradables, son causas extremas y además, la falta de fomentar técnicas industriales, administrativas y gerenciales para la recuperación y el manejo de estos desechos. Según muestreos de campo realizados en algunas fincas bananeras existe un promedio por hectárea, de 1.5 toneladas de fibra de "Nylon" (PP) y de bolsa plástica (PEBD) que están causando deterioro al acumularse en lugares inapropiados, al ser depositados en fuentes de aguas, y al no poderse reciclar fácilmente por los contenidos acumulados de agroquímicos.

Los envases y empaques de agroinsumos se acumulan en las fincas al punto de causar problemas al ambiente. El uso terrestre de agroquímicos (principalmente herbicidas, nematicidas, insecticidas y fertilizantes) se practica en las fincas bananeras, pero la disposición final de sus empaques y recipientes no siempre es la más adecuada. Gran parte de ellos se arrojan al campo sin considerar que pueden permanecer indefinidamente sin ninguna transformación, acumulándose así grandes cantidades de plásticos, vidrios y canecas.

La manera actual más práctica para manejar estos desechos es mediante la recolección directa en los suelos al momento de la cosecha. Parte de estos materiales recuperados se pueden reutilizar, por ejemplo el “nylon” para amarrar la bolsa del racimo y/o venderlo a empresas recicladoras.

9.7.2 Aguas. El banano requiere agua para su formación y su procesamiento en la poscosecha. El lavado de fruta afecta la calidad del agua principalmente con látex, pedazos de corona, fungicidas y alumbre. El agua se agota y es necesario ayudar a su conservación. La zona bananera es rica en recursos hidrológicos, sin embargo, la deforestación constituye la fuente más significativa de alteración de las cuencas de la región, por el aporte continuo de sedimentos.

Los agroquímicos generalmente se disuelven en agua antes de su aplicación o aprovechamiento. Actualmente se utilizan equipos de aplicación y protección sofisticados para mantener al mínimo la contaminación que pueden causar estos productos. Sin embargo, cuando llegan al sitio que se desea proteger, quedan a la intemperie a disponibilidad de la lluvia, viento, radiación solar, etc., quedando finalmente dispersos en el ambiente sin ningún control incorporados en las aguas, suelos, aire, flora y fauna principalmente.

La contaminación del agua se debe también a la disposición final de los residuos sólidos del lavado de la fruta, que van a parar directamente a los cuerpos de agua sin ningún tipo de tratamiento. Las altas y frecuentes precipitaciones que lavan y arrastran las partículas de plaguicidas suspendidas en la vegetación, la utilización de las corrientes de agua para el lavado de equipos de aplicación y vertido de agroquímicos sobrantes y la cercanía de las plantaciones a los ríos, quebradas, arroyos, traen como consecuencia que algunas concentraciones letales se acumulen en las diferentes formas de vida acuática, ocasionando daños serios sobre el fitoplancton disminuyendo su capacidad de liberación de oxígeno afectando por consiguiente los niveles de oxígeno disuelto en el agua.

La presencia de sedimentos en suspensión en el cuerpo de agua, facilita la movilización de los contaminantes, siendo este el principal vehículo de movilización, es así como puede desplazarse a grandes distancias. Un ejemplo de lo anterior se presenta con los plaguicidas persistentes en el agua (herbicidas y defoliantes) los cuales constituyen un grave peligro para el suministro de agua potable y para de riego, al igual que los peces procedentes de aguas contaminadas, especialmente de cuerpos de aguas quietas como lagos y lagunas que pueden acumular plaguicidas en niveles que los hacen poco aptos para el consumo humano.

Las cuencas de las zonas bananeras están contaminadas principalmente por residuos sólidos provenientes de las zonas urbanas y de la agroindustria bananera, la que alcanza valores de 273.3 toneladas para la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y 680 toneladas para los Sólidos Suspendidos Totales (SST) al año. La situación crítica de las aguas en las zonas bananeras ha hecho evidente la necesidad de recuperar y mantener los cauces que son

ya insuficientes para atender las necesidades de los poblados urbanos y de las labores agrícolas.

9.7.3 Aire. Existe una gran presión para reducir la dependencia de los agroinsumos sintéticos a pesar del beneficio que prestan en la calidad y rendimiento de productos agrícolas. La denominada “Revolución Verde” que resultó como consecuencia de la agricultura intensiva, aumentó la utilización de los productos agroquímicos en los últimos 30 años, y aunque el empleo de estos productos lo que pretende es mejorar la producción agrícola, aspectos como, la sanidad de los seres humanos, su uso indiscriminado, la falta de educación y la carencia de conocimientos en la aplicación, han contribuido a crear situaciones insostenibles, desequilibrando el medio ambiente.

En la actividad bananera se presenta una alteración atmosférica durante la etapa de construcción ocasionada por el ruido de la maquinaria y la liberación de partículas sólidas (polvo), durante la etapa de operación, además existe una contaminación por efecto de las quemadas a cielo abierto ocasionado por las emisiones de cenizas y partículas volátiles, las cuales son transportadas por los vientos y depositadas en los suelos y aguas superficiales. Igualmente las emisiones de gases producidas por la quema de combustible en el transporte terrestre y fluvial de la fruta. También se presentan alteraciones por algunas prácticas de cultivo tales como la aplicación de fertilizantes y la fumigación aérea y terrestre, que liberan gases contaminantes del aire.

Algunos componentes de fertilizantes pueden perderse con relativa facilidad por volatilización, implicando aumentos en la concentración de ellos en la atmósfera. Particularmente ocurre con anhídros sulfurosos, óxidos de nitrógeno y fotooxidantes, que afectan la calidad del aire. El óxido nítrico (NO) por ejemplo, destruye la capa de ozono en la atmósfera cuya función es la de filtrar la radiación ultravioleta de los rayos solares.

La fumigación aérea puede ocasionar impactos negativos al medio ambiente y a la salud humana, si no se efectúa adecuadamente incumpliendo con los requisitos mínimos de seguridad en su ubicación, operación y manejo. Igualmente porque la concentración letal media de los plaguicidas por inhalación es bastante baja ($< 0.5 \text{ mg/l}$ para la categoría toxicológica uno), y como ya se mencionó por la contribución a la contaminación de aguas y suelos. Es sabido que los plaguicidas al igual que otras sustancias químicas, pueden producir efectos fisiológicos en otros organismos que viven en el medio e incluso en el hombre, provocando riesgos para la salud humana a través de la exposición directa e indirecta por residuos en los alimentos y contribuyendo al incremento de la contaminación atmosférica, incluyendo el daño causado a la capa de ozono.

Los agroquímicos se dispersan fácilmente por el medio ambiente, con consecuencias graves en todos los hábitats y para todas las especies; debido principalmente a la rápida movilización de estos productos a través del aire, a su resistencia a la biodegradación, a sus características de acumulación en los climas tropicales y a su poder tóxico. Cabe destacar que la ocurrencia o no de

tales efectos perjudiciales, dependerá en gran medida de la dosis en que se aplique dichos plaguicidas y en la correcta utilización de los mismos.

RESIDUOS GENERADOS EN LA ZONA BANANERA DE URABÁ

MATERIAL	CANTIDAD ANUAL
Plásticos	1.802 toneladas
Nylon	1.600 toneladas
Banano de rechazo	250.000 toneladas
Vástago o pinzonte	137.500 toneladas
Envases de agroquímicos	310.724 toneladas
Sacos de Fertilizantes	1.155.000 sacos de polipropileno
Basuras	53.250 toneladas

Existe un vacío grande en el conocimiento sobre eficacia y destino de grandes cantidades de estas sustancias, lo cual podría estar llevando a un deterioro ambiental progresivo de suelo, del agua y del aire que a la larga tendrá efectos irreversibles para el desarrollo de la vida humana.

La evolución del desarrollo humano sostenible en el sector agropecuario, si bien ha logrado mostrar su alcance en términos conceptuales, revela un incipiente estado de maduración que le permita materializar en acciones concretas las bondades y posibilidades de utilización que podría tener la biodiversidad en el campo agropecuario

9.8 APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL DEL BANANO

En este sentido, los residuos en los que se focalizó el presente proyecto fueron: pseudo tallo, raquis y segundas y terceras de plátano.¹²¹

El pseudo tallo: es una fuente de fibra y, en especial, las especies de Musa textilís de Musa (el abacá, manila, el cáñamo) sirven para hacer ropas, cordones, hilos, forros interiores de vehículos. La fibra común que se extrae de los pecíolos secos y el pseudo tallo de la planta son utilizados en la fabricación de ciertos papeles (INFOMUSA, 1994). También se han demostrado las propiedades antioxidantes del polvo del pseudo tallo, las cuales le confieren al producto cualidades promotoras de salud (Redriguez Ambriz . et al., 2008).¹²²

Por su parte, el vástago o raquis, comúnmente se utiliza como alimento para ganado, pero también se ha venido utilizando en forma de harinas con el mismo fin; últimamente se han desarrollado productos para alimentación humana y también pueden ser fuente de materiales fibrosos como papel, materiales de construcción y artesanías (Lewis, 1993).¹²³

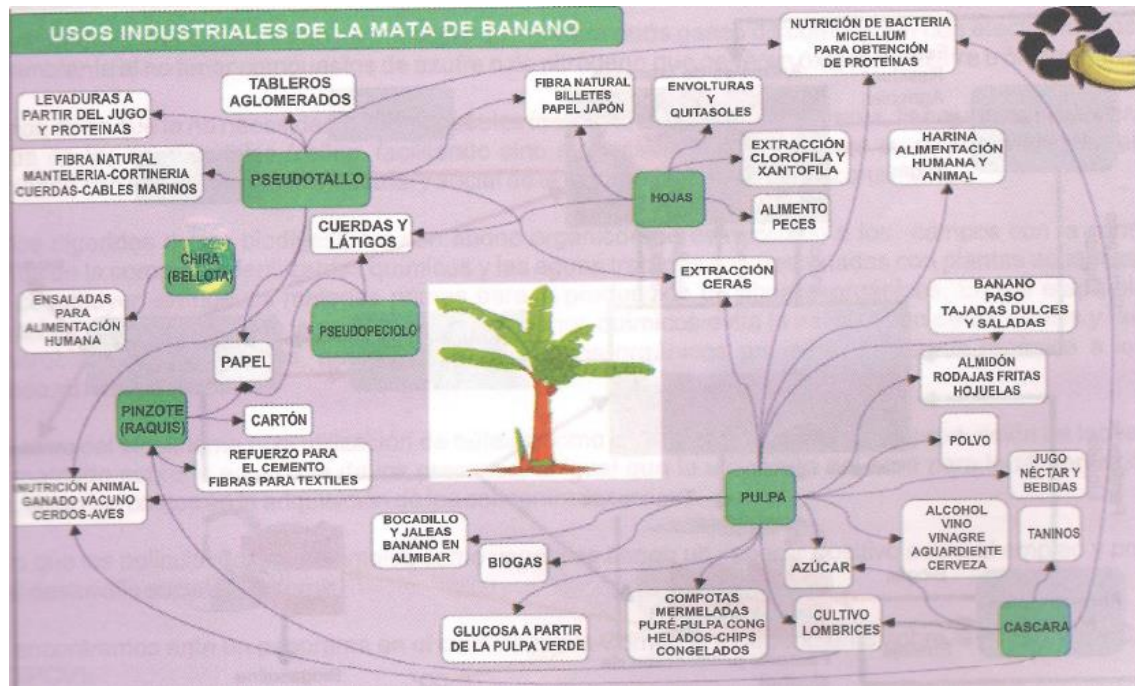
En lo que respecta a las segundas y terceras de plátano, en estado verde o maduro representan un 50% del plátano producido y comercializado en Caldas, lo que determina un alto volumen de producto comercializado a bajo costo. A lo anterior, debemos sumar los plátanos que se deterioran por daños mecánicos (18,3%), y patológicos (23.9%) en los sitios de comercialización, al ser manipulados inadecuadamente. (Lewis, 1993. Opus citato).

Los frutos verdes y maduros residuales de la poscosecha pueden ser aprovechados para alimentación humana, en la elaboración de chips, cremas, panes, tortas, helados, batidos, mermeladas, purés, productos lácteos como los yogures, en bebidas sazonadas y alcohólicas, en alimentos infantiles y salsas, y en la extracción de almidones nativos de banano, entre otros; así mismo, en la obtención de almidones modificados, así como en la utilización de dichas harinas y almidones para la elaboración de pastas alimenticias y productos de panificación (Romero, et al.,2005).¹²⁴

Los frutos verdes de banano tienen un alto contenido de almidón, siendo fuentes potenciales para su extracción. Las muestras de segundas y terceras del banano Cavendish se obtuvieron de los rechazos poscosecha de la finca el Trébol de banacol región de Urabá, se trasladaron al laboratorio de análisis de calidad de la Unidad Tecnológica de Alimentos (UTA) de la Universidad de Antioquia para su caracterización y se realizaron los análisis respectivos de contenido de humedad, almidón, grasa, proteína, fibra, cenizas según las técnicas recomendadas por la Association Official Analytical Chemists (A.O.A.C, 1994) y carbohidratos por diferencia.¹²⁵

9.9 PRODUCTOS DE VALOR AGREGADO

Figura 23 Biosistemas para el aprovechamiento de Musacea



Fuente: Álvarez león et al, Biosistemas integrados y sus interrelaciones con el desarrollo sostenible y el desarrollo humano. Universidad de Manizales

La principal forma de consumo del banano en el mundo es como alimento fresco gracias a su dulce sabor, fina textura y alto contenido nutricional. Sin embargo, existe una amplia variedad de productos que pueden elaborarse a partir del procesamiento de la fruta y otras partes de la planta, como se indica en la figura 22.

9.10 VALORIZACION BIOLÓGICA Y QUÍMICA DE RESIDUOS DE BANANO

Etanol combustible o bioetanol. El proceso tradicional de producción de alcohol a partir de almidones y celulosa contempla procesos químicos o biológicos (hidrólisis) para su conversión a jarabes azucarados, que una vez acondicionados son sometidos a la acción de levaduras para efectuar la fermentación alcohólica. El etanol resultante es una mezcla de alcohol y agua con una concentración entre 5 a 15% v/v, que no es miscible con la gasolina e impide su utilización directa en los motores de combustión; por tanto es necesario destilar y deshidratar dicha mezcla hasta lograr una concentración de 99.5% v/v, de ahí su nombre común de alcohol anhidro. El banano verde con cáscara tiene un alto contenido de almidón y celulosa (13.1 y 17.9 %base húmeda respectivamente), que lo convierte en una materia prima potencial para la industria del bioetanol. (Afanador, 2005) ¹²⁶

Fibra dietaria. La fibra dietaria corresponde a la parte de frutas, verduras y vegetales comestibles, que resiste la digestión y absorción en el intestino delgado humano y que experimenta una fermentación parcial o total en el intestino grueso. Si bien no tiene valor nutricional al no participar en los procesos metabólicos, si tiene una función fisiológica de alta relevancia porque estimula la perístasis intestinal.

La harina de banano verde incluye un alto contenido de almidón total (73,4%), de almidón resistente (17,5%) y de fibra dietética (14,5%) respecto a otras harinas, sin embargo comparado con otras frutas o subproductos vegetales como las naranjas, los hollejos de uva, el mango o la guayaba, el banano fresco tiene un contenido de fibra dietética bajo, que puede ser procesado para potencializarlo como fuente de fibra y almidón (Rodríguez-Ambriz, et al 2008. Opus citato)

Fibras naturales para materiales compuestos, papel o textiles. Varios residuos de la producción de Banano Cavendish, han demostrado ser una buena fuente de fibra natural, cuyo uso final depende del proceso de extracción que se utilice. Los tratamientos termo-mecánicos permiten la extracción de fibras adecuadas para tableros aglomerados que pueden ser usados en construcción, mientras la extracción mecánica o biológica permite la extracción de fibras para la industria de papel, empaques, textiles y de materiales compuestos para autopartes. Toda la plata de banano puede aprovecharse para obtener fibras apropiadas para la elaboración de papel, especialmente aquellas extraídas del pinzote o raquis; las cuales son de color café claro o beige con un lustre ideal para los denominados papeles artesanales. (Gañán, Zuluaga, et al, 2006). ¹²⁷

Compostaje. La industria bananera nacional produce un significativo volumen de biomasa como desecho, generada a partir del banano que no cumple los

requerimientos internacionales para su exportación; este banano denominado de “rechazo”, se ha convertido en una problemática medioambiental de grandes proporciones. A pesar que una considerable parte de este banano se utiliza para suplir la demanda interna, la cantidad remanente es tal (6.5-10.8 ton/año*ha) que se ha recurrido a este proceso. En este banano de rechazo, rico en almidón, puede ser utilizado como sustrato para procesos fermentativos que permitan el máximo aprovechamiento energético, a través de la generación de etanol y/o metano.¹²⁸

10. LA CENTRAL MAYORISTA DE ANTIOQUIA (CMA)

Foto 9 Vista aérea Central Mayorista de Antioquia



Fuente: Archivo de la Central Mayorista de Antioquia

Figura 24. Central Mayorista de Antioquia



Dirección: Calle 84 A # 47-50 (Itagüí – Antioquia)

PBX: (574) 285 48 15

Todos los datos emitidos han sido recogidos del PMIRS de la CMA 2012. La Central Mayorista de Antioquia (CMA) comenzó a regir en 1987 como entidad privada bajo el régimen de propiedad horizontal, convirtiéndose en la primera central de abasto del país en operar bajo esta modalidad. Actualmente, los comerciantes poseen el 88% de los coeficientes de votación y Empresas Varias de Medellín tiene el 12%. La Asamblea anual de copropietarios elige un Consejo de Administración, que nombra a un gerente encargado de velar por el cumplimiento del Reglamento de Propiedad Horizontal y la proyección de la CMA. ¹²⁹

La CMA presta sus servicios desde el municipio de Itagüí, barrio Santa María, y cerca de la Estación Ayurá del Metro. Posee un área total de 288.015 mt² en los cuales hay construidos 29 bloques destinados para albergar a 1.300 comerciantes que de acuerdo a su actividad económica se clasifican de la siguiente manera: 17 Bloques en granos y abarrotos, 5 bloques en productos perecederos, 2 bloques comunales, 5 bloques de servicios complementarios y el bloque 24 destinado como reserva de parqueadero.

En la CMA en promedio, ingresan diariamente 20.000 automóviles, 3.800 vehículos de carga, 3.921 motocicletas, 3.398 vehículos de servicio público; trabajan aproximadamente 10.000 personas, entre ellas un promedio de 1.300 comerciantes, 2.200 coteros y diario ingresa una población flotante de 40.000 personas. La CMA es el centro de abastecimiento agroalimentario más importante del departamento de Antioquia, reconocido por su liderazgo en el ámbito nacional y seleccionado por sus clientes durante casi 40 años gracias a los precios competitivos, frescura y calidad de los productos que se comercializan.

10.1 INFRAESTRUCTURA BÁSICA

Sector de Granos, abarrotos y enlatados; Sector de frutas y verduras; Supermercados con servicio a domicilio; Carnicerías; Insumos agropecuarios; Empaques, bolsas y desechables; Servicios complementarios y transporte; Licores; Ferreterías; Materias primas para concentrados; Agroindustria; Droguerías; Estación de servicio; 2 entradas principales: una sobre la calle 85 de Itagüí y otra la Autopista Sur; Auditorio; Laberinto Ecológico y aula ambiental; Estación de Administración de Residuos Orgánicos e Inorgánicos; Bancos: actualmente prestan sus servicios 8 entidades bancarias: Banco Santander, Banco de Bogotá, Bancolombia, BBVA, Colpatria, Colmena, Davivienda y Megabanco. Adicionalmente, hay 15 cajeros electrónicos que operan las 24 horas; Báscula: presta servicio a empresas internas y externas que requieran pesar vehículos con cargas hasta 80 toneladas; Centro de Información: espacio donde se encuentra ubicada la recepción y se suministra información sobre productos, empresas, comerciantes, precios y volúmenes del mercado. Además presenta servicios complementarios como sala de reuniones, venta de remisiones, Internet, fax y fotocopias; 60 cafeterías y restaurantes: situados en cada uno de los bloques; Parque infantil: ubicado en el bloque 22; Capilla María Auxilio de los Cristianos y gruta de la Virgen: servicio religioso lunes, martes, jueves y viernes a las 12:00 m y los sábados a las 12:30 p.m.; Sonido interno; Circuito cerrado de televisión con DVR

(grabación digital de video); Seguridad privada y CAI de la policía; Aseo de Empresas Varias de Medellín y COOTRAMA. (Cooperativa de Trabajo Asociado de la CMA); Zonas de cargue y descargue; Parqueaderos; Vías en perfecto estado y señalización; Zonas verdes; Cafeterías y restaurantes.

10.2 CONFORMACIÓN

La CMA está conformada por una Dirección Administrativa y Financiera; un Sistema de Gestión de Calidad; una Dirección de Servicios Generales y una Dirección Comercial

10.2.1 La Dirección Administrativa y Financiera. Está conformada por las áreas Desarrollo Humano: gestiona la salud ocupacional, capacitación y nómina del personal de la Copropiedad.

Archivo y Mensajería: se encarga del control documental de la CMA.

Tesorería: encargada del recaudo de ingresos de la Copropiedad y el pago de proveedores.

Facturación: es el área encargada de emitir la facturación de la Copropiedad y realizar las actividades de cobro y cartera.

Recaudo: área conformada por funcionarios encargados de realizar actividades de cobro de los diferentes servicios que presta la Copropiedad, tales como: báscula, parqueo, ocupación de zonas comunes, administración de vías, entre otros.

10.2.2 Sistema de Gestión de Calidad. La CMA: Certificada en calidad en la norma de calidad ISO 9001: 2008 por la empresa Bureau Veritas Certificación, en el modelo de administración de propiedad horizontal, convirtiéndose en la primera central de abastos de Latinoamérica y Colombia en recibir dicho reconocimiento. Pertenece a la Unión Mundial de Mercados Mayoristas (WUWM) que es una asociación sin ánimo de lucro, dedicada a la promoción, el desarrollo y el intercambio internacional de experiencia e información sobre mercados alimenticios.

Posee un manual de convivencia para el ejercicio de actividades económicas informales en la CMA.

Es miembro de la Red Nacional de Mercados de Abastos que es una alianza que integra a 11 centrales mayoristas del país, la cual tiene como objeto atraer y canalizar el esfuerzo de entidades de diversa naturaleza, personas naturales y jurídicas y agrupaciones de personas, para el desarrollo de planes, programas, proyectos, acciones o actividades, mediante el desarrollo de una estructura que defienda, promueva y proteja los intereses de los comerciantes vinculados a las centrales mayoristas.

10.2.3 La Dirección de Servicios Generales. Director de Servicios Generales; Coordinador de Servicios Generales; Administrador de la red de datos; Auxiliares de mantenimiento; Aseo (outsourcing); Vigilancia (outsourcing).

10.2.4 Dirección Comercial compuesta por: Capacitación: identifica las necesidades de formación del público interno, acorde con sus requerimientos, expectativas y en concordancia con las exigencias de los mercados, para entrar a competir en la libre oferta y demanda de productos y servicios de una central de abasto que lo tiene todo, implementando programas de capacitación que sumen la formación de comerciantes idóneos y competentes en el concierto de su profesión.

Analista de Precios: investiga los productos que abastecen el centro de acopio, cantidades, lugares de procedencia y empaque, para dar la categoría de ente regulador de precios y ser el insumo informativo de muchas acciones que apuntan a la trazabilidad hacia la CMA.

Mercadeo Agropecuario: realiza acciones tangibles de beneficio económico, social y cultural para los integrantes de la cadena agroalimentaria, a través de proyectos, alianzas y programas, en búsqueda de la integración de los comerciantes, productores, organizaciones públicas y privadas que visualicen en nuestra CMA una oportunidad de crecimiento para el departamento y el país.

Comunicaciones: Se transmite de manera asertiva a todos los entes que demandan una información oportuna y veraz, de una manera ética y competente.

Publicidad y Eventos: divulga una publicidad impactante que genera recordación, posibilitando el regreso de nuestros clientes, guardando la estética, el respeto y la creatividad en todo lo que comunicamos.

Recepción: opera desde el centro de información para los públicos que buscan orientación de productos, empresas y comerciantes en un área de 288.000 mts², ofreciendo además, servicio de Internet, fax y fotocopia.

10.3 LOS SERVICIOS DE LA CMA

Capacitación al personal de la Copropiedad; implementación y control del plan de salud ocupacional para el personal de la administración; generación de información contable de la copropiedad mediante outsourcing; control documental; servicio de mensajería para las actividades administrativas; servicio de recaudo; pago de proveedores; generación de facturas; cobros. recuperación de cartera, pesaje de vehículos hasta 80 toneladas; atención de inquietudes, quejas, reclamos y sugerencias; asesoría a las demás direcciones en Ley 675 de 2001 “Régimen de propiedad horizontal”. asesoría a las demás direcciones y a los usuarios de los bienes privados de la copropiedad en el cumplimiento del reglamento de propiedad horizontal.

10.3.1 Proyección y proyectos de la CMA. Proyección 2015. Ser en 2015 una plataforma de negocios que permita el libre comercio de mercancías alimentarias y servicios, con la utilización eficiente de recursos tecnológicos y la aplicación del mejoramiento continuo.

Proyectos de la CMA. El Proyecto Puerta Siglo XXI: Donde la CMA construye un edificio de 15 pisos, donde estará funcionando la administración y más locales comerciales; La Portería Principal: Es una renovación de la movilidad en la CMA para solucionar cuellos de botella analizados; El cambio de la Central: Cuyo objetivo es fomentar la cultura del mejoramiento continuo, de manera que las empresas e instalaciones luzcan organizadas, aseadas y proyecten una buena imagen. Para evaluar la viabilidad de este proyecto, durante el año 2007 se realizó una prueba piloto con los comerciantes del bloque 17 la cual integró diferentes estrategia que permitieron alcanzar excelentes resultados.

Capacitación a comerciantes: servicio al cliente, precio y promoción, empresa y valores. Conversatorios: gerencia y comercio. Sensibilización frente al cambio. Campañas de aseo y mejoramiento de la imagen. Premiación a la empresa gestora de cambios.

Resultados. 54 comerciantes del bloque 17 comprometidos con el desarrollo del Proyecto al igual que los supermercados. 1 conferencia sobre mercadeo (servicio al cliente, precio y promoción, empresa y valores). 1 conversatorio dirigido por dos expertos del mercadeo. 1 conversatorio dirigido por la Gerencia. 2 jornadas de aseo y sensibilización. 1 empresa acreedora a los premios “El Cambio de la Central y Don Limpio. Durante el año 2009 continua el programa con los bloques 18 y 19. La Campaña consume vida, consume frutas y hortalizas Fomenta el consumo de frutas, verduras y hortalizas en la CMA, optimizando los recursos agroalimentarios comercializables en el País.

Logros. Talleres lúdicos recreativos, presentación en 539 instituciones, capacitación a 284.400 niños y jóvenes; Talleres nutricionales, 148 en total. Capacitando así a 3.700 personas; Festivales promocionales, se han realizado 2, se incrementaron el consumo y las ventas en el sector de frutas y hortalizas de 10% a 15%; **Convenios.** Asohofrucol; Secretaría de agricultura y desarrollo rural de Antioquia; Universidad de Antioquia.

10.4 PROGRAMA DE REMISIONES

La CMA, como parte de la cadena de abastecimiento del sector agroalimentario, hace un aporte a la cultura de la economía del servicio, mediante un sistema de remisión, el cual permite conocer su oferta comercial, la de Antioquia, Colombia y el exterior.

9.4.1 Software de ingreso de vehículos con productos. A la CMA ingresan diariamente 20.000 autos, desde carros livianos hasta tracto mulas, los vehículos que ingresan el abastecimiento pagan un peaje según la siguiente clasificación: carro liviano con carga, 6 llantas, doble troque, mulas y tracto mulas. La sistematización en el ingreso vehicular por intermedio de un software, permite automatizar el cobro de carga y recoger la información que alerta al personal de seguridad, en caso de existir una reseña en la placa del vehículo.

9.4.2 Software de cobro de pesaje (Báscula). La CMA presta el servicio de báscula de 80 toneladas, a vehículos que requieran el servicio de pesaje. Soportado en un software que captura automática el peso y genera la factura de cobro. Adicionalmente, permite almacenar información de volumen, datos del vehículo, peso actual, peso anterior, datos del conductor y comerciante que recibe el producto.

Foto 10 Báscula CMA



Fuente: Autor 2010

9.4.3 Software de remisiones (Trazabilidad de productos). La Administración retomó y fortaleció el programa de remisiones, convirtiéndolo en un estudio de trazabilidad de los productos, mediante el registro y análisis de la información capturada en un sistema de software y emitida en gráficas que reportan el estado de diferentes eslabones de la cadena productiva y su efecto, dependiendo de las variables que se requieran conocer

9.4.4 Software de cobro de ocupación de zonas comunes (Módulos). La CMA cuenta con un servicio de 750 módulos para comerciantes detallistas que mercadean sus productos en espacios públicos. Para optimizar el cobro diario de los módulos, se utiliza una solución de Software, el cual realiza la labor por medio de un dispositivo que trabaja bajo un sistema de Windows móvil, con una impresora portátil para entrega inmediata del ticket al comerciante

9.4.5 Software de parqueadero nocturno. Algunos vehículos que ingresan a la CMA, requieren de un sitio para estacionar durante un tiempo; para lo cual se acondicionaron unos sitios de parqueo. El recaudo de este servicio, se hace mediante una aplicación móvil que permite realizar el cobro en cada uno de los carros en los diferentes bloques donde se estacionan, posteriormente la información generada es enviada al sistema central.

Foto 11 Parqueo Nocturno



Fuente: Autor 2010

11. MODELOS MATEMÁTICOS APLICABLES

Un modelo es una traducción de la realidad física de un sistema en términos matemáticos, es decir, una forma de representar cada uno de los tipos de entidades que intervienen en un cierto proceso físico mediante objetos matemáticos. Las relaciones matemáticas formales entre los objetos del modelo, deben representar las relaciones reales existentes entre las diferentes entidades o aspectos del sistema u objeto real. Así una vez "traducido" o "representado" cierto problema en forma de modelo matemático, se pueden aplicar herramientas matemáticas para deducir el comportamiento del sistema bajo estudio. Se podría decir que un modelo matemático es una descripción, en lenguaje matemático, de un proceso que existe en un universo no-matemático.

Estamos familiarizados con las previsiones del tiempo, las cuales se basan en un modelo matemático meteorológico; así como con los pronósticos económicos, basados éstos en un modelo matemático referente a economía. Aunque algunos modelos son buenos para algunas cosas y malos para otras. Por ejemplo, el modelo matemático de la mecánica newtoniana puede, hoy en día, usarse para predecir muchos sucesos con precisión a pesar de que la teoría de la relatividad de Einstein (otro modelo matemático) nos dice que éste es inexacto. El éxito o fracaso de estos modelos es un reflejo de la precisión con que dicho modelo matemático representa al objeto inicial siempre y cuando estén respaldados con datos confiables. En consecuencia, la disponibilidad de datos puede tener un efecto directo en la precisión del modelo. La recopilación de datos puede ser la parte más difícil para determinar un modelo y desgraciadamente no se pueden sugerir reglas para este procedimiento. Por lo común los modelos matemáticos son de índole iterativa, se llega a la respuesta final en pasos o iteraciones y cada iteración acerca la solución al nivel óptimo.¹³⁰

En términos generales, en todo modelo matemático se puede determinar 3 fases:

- Construcción del modelo. Transformación del objeto no-matemático en lenguaje matemático.
- Análisis del modelo. Estudio del modelo matemático.
- Interpretación del análisis matemático. Aplicación de los resultados del estudio matemático al objeto inicial no-matemático.

11.1 CLASIFICACIÓN DE LOS MODELOS

Según la información de entrada Podemos distinguir entre modelos heurísticos y modelos empíricos:¹³¹

- **Modelos heurísticos** (del griego *euriskein* 'hallar, inventar'). Son los que están basados en las explicaciones sobre las causas o mecanismos naturales que dan lugar al fenómeno estudiado.
- **Modelos empíricos** (del griego *empeirikos* relativo a la 'experiencia'). Son los que utilizan las observaciones directas o los resultados de experimentos del fenómeno estudiado.

Según el tipo de representación Una posible clasificación puede atender a si pretenden hacer predicciones de tipo cualitativo o pretende cuantificar aspectos del sistema que se está modelizando:

- **Modelos cualitativos o conceptuales**, estos pueden usar figuras, gráficos o descripciones causales, en general se contentan con predecir si el estado del sistema irá en determinada dirección o si aumentará o disminuirá alguna magnitud, sin importar exactamente la magnitud concreta de la mayoría de aspectos.
- **Modelos cuantitativos o numéricos**, usan números para representar aspectos del sistema modelizado, y generalmente incluyen fórmulas y algoritmos matemáticos más o menos complejos que relacionan los valores numéricos. El cálculo con los mismos permite representar el proceso físico o los cambios cuantitativos del sistema modelado.

Según la aleatoriedad según si a una entrada o situación inicial concreta pueden corresponder o no diversas salidas o resultados, en este caso los modelos se clasifican en:

- **Determinista**. Se conoce de manera puntual la forma del resultado ya que no hay incertidumbre. Además, los datos utilizados para alimentar el modelo son completamente conocidos y determinados.
- **Estocástico**. Probabilístico, que no se conoce el resultado esperado, sino su probabilidad y existe por tanto incertidumbre.

Según su aplicación u objetivo Por su uso suelen utilizarse en las siguientes tres áreas, sin embargo existen muchas otras como la de finanzas, ciencias etc.

- **Modelo de simulación o descriptivo**, de situaciones medibles de manera precisa o aleatoria, por ejemplo con aspectos de programación lineal cuando es de manera precisa, y probabilística o heurística cuando es aleatorio. Este tipo de modelos pretende predecir qué sucede en una situación concreta dada.
- **Modelo de optimización**. Para determinar el punto exacto para resolver alguna problemática administrativa, de producción, o cualquier otra situación. Cuando la optimización es entera o no lineal, combinada, se refiere a modelos matemáticos poco predecibles, pero que pueden acoplarse a alguna alternativa existente y aproximada en su cuantificación. Este tipo de modelos requiere comparar diversas condiciones, casos o posibles valores de un parámetro y ver cuál de ellos resulta óptimo según el criterio elegido.
- **Modelo de control**. Para saber con precisión como está algo en una organización, investigación, área de operación, etc. Este modelo pretende ayudar a decidir qué nuevas medidas, variables o qué parámetros deben ajustarse para lograr un resultado o estado concreto del sistema modelado.

El equipo de Maestría decidió utilizar el **modelo de optimización** para desarrollar este trabajo de tesis porque corresponde al modelo ideado para seleccionar entre varias alternativas, de acuerdo a determinados criterios, la más óptima.

Tabla 9 Ejemplos de modelos por tipos

	Descriptivos / Simulación		Optimización / Elección		Control / Tratamiento	
	Determinista	Probabilista	Determinista	Probabilista	Determinista	Probabilista
Cuantitativo / Numérico	Cálculos astronómicos	Simulaciones de tráfico	Cálculo componentes de sistemas	Diseño ingenieril	Control automático	?
Cualitativo / Conceptual	Análisis microeconómicos	Teoría de juegos	Modelos de grafo/flujo	?	Teoría psicológica	?

Fuente: Rao, S. S., Engineering Optimization. Theory and Practice, 3rd ed., Wiley, New York, 1996

11.2 FASES DE CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO

Es importante mencionar que la inmensa mayoría de modelos matemáticos no son exactos y tienen un alto grado de idealización y simplificación, ya que una modelización muy exacta puede ser más complicada de tratar de una simplificación conveniente y por tanto menos útil. Es importante recordar que el mecanismo con que se desarrolla un modelo matemático repercute en el desarrollo de otras técnicas de conocimientos enfocadas al área sociocultural.

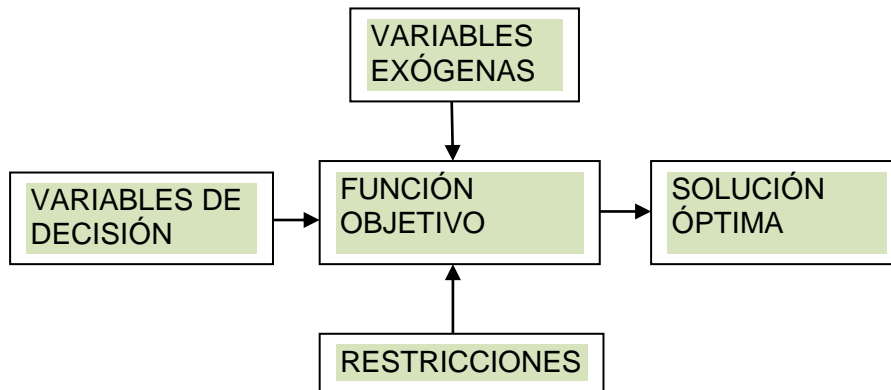
La construcción de modelos matemáticos útiles sigue una serie de fases: ¹³²

1. **Identificación** de un problema o situación compleja que necesita ser simulada, optimizada o controlada y por tanto requeriría un modelo matemático predictivo.
2. **Elección del tipo de modelo**, esto requiere precisar qué tipo de respuesta u output pretende obtenerse, cuales son los datos de entrada o factores relevantes, y para qué pretende usarse el modelo. Esta elección debe ser suficientemente simple como para permitir un tratamiento matemático asequible con los recursos disponibles. Esta fase requiere además identificar el mayor número de datos fidedignos, rotular y clasificar las incógnitas (variables independientes y dependientes) y establecer consideraciones, físicas, químicas, geométricas, etc. que representen adecuadamente el fenómeno en estudio.
3. **Formalización** del modelo en la que se detallarán qué forma tienen los datos de entrada, qué tipo de herramienta matemática se usará, como se adaptan a la información previa existente. También podría incluir la confección de algoritmos, ensamblaje de archivos informáticos, etc, etc. En esta fase posiblemente se introduzcan también simplificaciones suficientes para que el problema matemático de modelización sea tratable computacionalmente.
4. **Comparación de resultados** los resultados obtenidos como predicciones necesitan ser comparados con los hechos observados para ver si el modelo está prediciendo bien. Si los resultados no se ajustan bien, frecuentemente se vuelve a la fase 1.

10.3 MODELO DE INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

Un modelo de investigación de operaciones consta al menos de tres elementos básicos: ¹³³

Figura 25. Modelo de Investigación de Operaciones



Fuente: <http://www.investigaciondeoperaciones.net/>

VARIABLES DE DECISIÓN Las variables de decisión son incógnitas que deben ser determinadas a partir de la solución del modelo. Los parámetros representan los valores conocidos del sistema o bien que se pueden controlar. Las variables de decisión se representan por: X_1, X_2, \dots, X_n , $n = 1, 2, 3, \dots, n$

Función Objetivo La función objetivo es una relación matemática entre las variables de decisión, parámetros y una magnitud que representa el objetivo o producto del sistema. Es la medición de la efectividad en función de las variables. Determina lo que se va optimizar (Maximizar o Minimizar). Por ejemplo, si el objetivo del sistema es minimizar los costos de operación, la función objetivo debe expresar la relación entre el costo y las variables de decisión.

La solución ÓPTIMA se obtiene cuando el valor del costo sea mínimo; para un conjunto de valores factibles de las variables. Es decir, hay que determinar las **variables** $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ que **optimicen** el valor de $Z = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ sujeto a las **restricciones** de la forma $g(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \leq b$. Donde $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ son las variables de decisión; Z es la función objetivo, f es una función matemática.

Restricciones Las restricciones son relaciones entre las variables de decisión y magnitudes que dan sentido a la solución del problema y las acotan a valores factibles.

Las restricciones del modelo limitan el valor de las variables de decisión. Son los recursos disponibles limitados. Incluye la **Restricción de No Negatividad** de las Variables de decisión, o sea: $X_i \geq 0$. **Por ejemplo**, si una de las variables de decisión representa el número de empleados de un taller, es evidente que el

valor de esa variable no puede ser negativo. O también, si una de las variables es la cantidad de mesas a fabricar, su valor solamente podrá ser igual a 0 (cero) o mayor que cero, o sea positivo.

11.3.1 Panorama del enfoque de modelado en investigación de operaciones. Una manera de resumir las etapas usuales (no secuenciales) es la siguiente: ¹³⁴

1. Definición del problema de interés y recolección de los datos relevantes
2. Formulación de un modelo que represente el problema
3. Solución del modelo
4. Prueba del modelo
5. Preparación para la aplicación del modelo
6. Puesta en marcha

11.3.2 Definición del problema y recolección de datos. La primera actividad que se debe realizar es el estudio del sistema relevante, esto incluye determinar los objetivos, las restricciones sobre lo que se puede hacer, los diferentes cursos de acción posibles las interrelaciones del área bajo estudio con otras áreas de la organización, los límites de tiempo para tomar una decisión. Este proceso de definir el problema suele ser largo en tiempo pero es muy importante ya que afectará en forma significativa las conclusiones en estudio, lo cual hace imposible extraer una respuesta correcta de un problema equivocado. El equipo realiza un análisis técnico y después presenta opciones atractivas, en particular bajo diferentes suposiciones.

11.3.3 Formulación del modelo. Mediante la construcción de un modelo que represente la esencia del problema. Los modelos describen un problema en forma mucho más concisa. Al desarrollar el modelo, se recomienda empezar con una versión muy sencilla y moverse, hacia modelos más elaborados que reflejen mejor la complejidad del problema real.

11.3.4 Obtención de una solución a partir del modelo. Desarrollar un procedimiento para derivar en una solución al problema a partir de este modelo, según el tipo de modelo este puede hacerse en computadora. Encontrar la solución es la parte divertida del estudio, mientras que el verdadero trabajo se encuentra en las etapas anteriores y posteriores del estudio. En la búsqueda de una solución óptima, es necesario reconocer que estas soluciones son óptimas sólo respecto al modelo que se está utilizando. Si se toma en cuenta los muchos imponderables e incertidumbre asociados a casi todos los problemas reales, si el modelo está bien formulado la solución debe tener una buena aproximación de curso de acción ideal para el problema real. Por lo tanto, la meta de un estudio debe ser de una solución óptima para el modelo original del problema real, de manera que es necesario hacer un análisis adicional. El análisis posóptimo, determina qué parámetros del modelo

son los más críticos, los parámetros críticos, del modelo son aquellos cuyos valores no se pueden cambiar sin que la solución óptima cambie.

11.3.5 Prueba del modelo. El modelo debe probarse para identificar y corregir todas las fallas que se pueda, este proceso de prueba y mejoramiento se conoce como validación del modelo. Un modelo es válido si, independientemente de sus inexactitudes, puede dar una predicción confiable del funcionamiento del sistema.

11.3.6 Preparación para la aplicación del modelo. El siguiente paso es instalar un sistema bien documentado para aplicar el modelo. Este sistema incluirá el modelo y el procedimiento de solución (además del análisis postóptimo) y los procedimientos operativos para su implantación (este sistema casi siempre está diseñado para computadora). Parte de este esfuerzo incluye el desarrollo de un proceso de mantenimiento durante su uso futuro, por lo tanto si las condiciones cambian con el tiempo, este proceso debe modificar al sistema como al modelo.

11.3.7 Implantación del modelo. La última etapa consiste en la implantación de los resultados probados del modelo con instrucciones de operación detalladas, emitidas en una forma comprensible a los individuos que administrarán y operarán el sistema. Es apropiado que el equipo documente su metodología utilizada con suficiente claridad para que el trabajo sea reproducible. La implantación del modelo podría incluir acciones como; establecimiento de un plan de operaciones; redefinición del objetivo de problema; cómputo de soluciones óptimas para distintas alternativas de funcionamiento del sistema; modificaciones en la estructura del sistema, cualquiera de estas acciones o conjuntos de estas constituye lo que se llama “decisión satisfactoria”

11.4 PROGRAMACION LINEAL.

Es una técnica utilizada para desarrollar modelos matemáticos, diseñada para optimizar el uso de los recursos limitados de un proyecto, una empresa u organización. Es la interrelación de los componentes de un sistema, en términos matemáticos (en forma ecuaciones o inecuaciones lineales) llamado Modelo de Programación Lineal. Los Modelos Matemáticos de Programación Lineal pueden ser: de Maximización o de Minimización, indicados en la Función Objetivo del Modelo.¹³⁵

- **Modelo de programación lineal de MAXIMIZACIÓN:** Cuando se desea maximizar o incrementar: las Utilidades, Producción, Ventas, Beneficios, Rentabilidad, etc.

- **Modelo de programación lineal de MINIMIZACIÓN:** Cuando se desea minimizar o disminuir: los Costos, Perdidas, Paradas, Desperdicios, distancias, etc.

En nuestro caso de la CMA se seleccionó el modelo de programación lineal como el más acercado a la determinación de una serie de variables escasas y

cuyo denominador común fuera el desarrollo sostenible, es decir, que se sostuviera en el tiempo y para ello no podría generar pérdida porque generaría otra externalidad, pero a su vez debe sostener el medioambiente.

11.5 SOFTWARE UTILIZADO WINQSB.

WinQSB es un sistema interactivo de ayuda a la toma de decisiones que contiene herramientas muy útiles para resolver distintos tipos de problemas en el campo de la Investigación de Operaciones. El sistema está formado por distintos módulos, uno para cada tipo de modelo o problema. Entre ellos destacaremos los siguientes: ¹³⁶

Linear programming (LP) and integer linear programming (ILP): este módulo incluye los programas necesarios para resolver el problema de programación lineal gráficamente o utilizando el algoritmo del Simplex; también permite resolver los problemas de programación lineal entera utilizando el procedimiento de Ramificación y Acotación (Branch&Bound).

Linear goal programming (GP) and integer linear goal programming (IGP): resuelve modelos de programación multiobjetivo con restricciones lineales.

Quadratic programming (QP) and integer quadratic programming (IQP): resuelve el problema de programación cuadrática, es decir, problemas con función objetivo cuadrática y restricciones lineales. Utiliza un método Simplex adaptado. Los modelos de IQP los resuelve utilizando algoritmos de ramificación y acotación.

Network modeling (NET): incluye programas específicos para resolver el problema del transbordo, el problema del transporte, el de asignación, el problema del camino más corto, flujo máximo, árbol generador, y problema del agente viajero.

Nonlinear programming (NLP): permite resolver problemas no lineales irrestringidos utilizando métodos de búsqueda lineal, y problemas no lineales con restricciones utilizando el método SUMT (función objetivo con penalizaciones sobre el incumplimiento de las restricciones).

PERT/CPM: módulo de gestión de proyectos en los que hay que realizar varias actividades con relaciones de precedencia.

12. CARACTERIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

12.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Este trabajo de maestría, es un tipo de investigación mixta, porque considera una parte cualitativa y otra cuantitativa, contempla la parte cualitativa cuando analiza las formas industriales de reciclar los orgánicos, donde se describen en términos generales los procesos que se deben seguir para obtener un subproducto del reciclaje y se convierte en cuantitativa cuando se hace un análisis de las diferentes opciones por rentabilidad económica, por impacto social, por volumen de recuperación y otras variables que se adicionan para limitar el proceso.

12.2 METODOLOGÍA

Los componentes generales de esta tesis involucran las siguientes fases:

- Caracterizar los productos por volumen y los residuos orgánicos de la CMA para identificar las dos frutas que más se venden en la plaza.
- Hallar los procesos de reciclado para estos tipos de fruta y describirlos separadamente.
- Identificar los subproductos generados en el aprovechamiento
- Calcular un modelo donde se maximice las utilidades de la solución proyectada y se minimicen los usos de materias primas.

12.3 INSTRUMENTOS

Conteo y recolección de datos promedio día de cada fruta.

Observación directa

Entrevistas a los generadores de estos residuos con el objetivo de recolectar datos para llenar el modelo

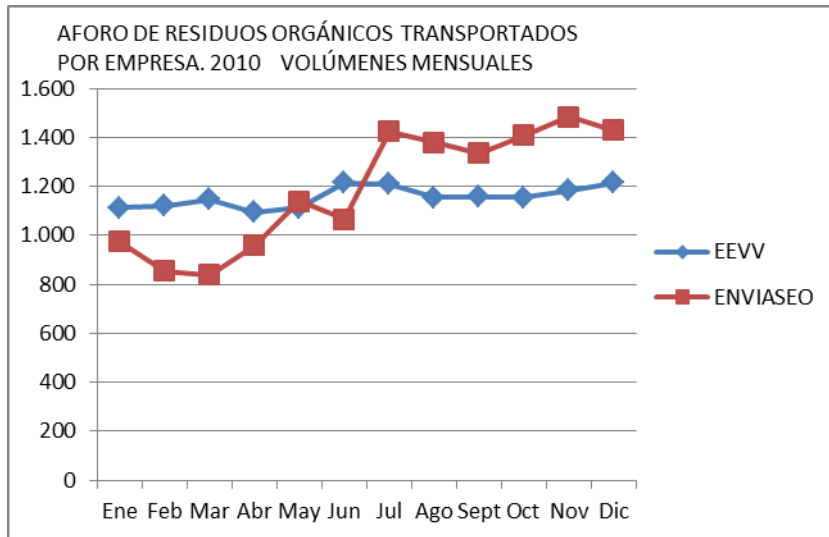
Materiales

Cámara fotográfica, Pesa, Laboratorio de química orgánica, Papel, Lápiz.

13. DESARROLLO DE LA PROPUESTA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL MANGO Y EL BANANO

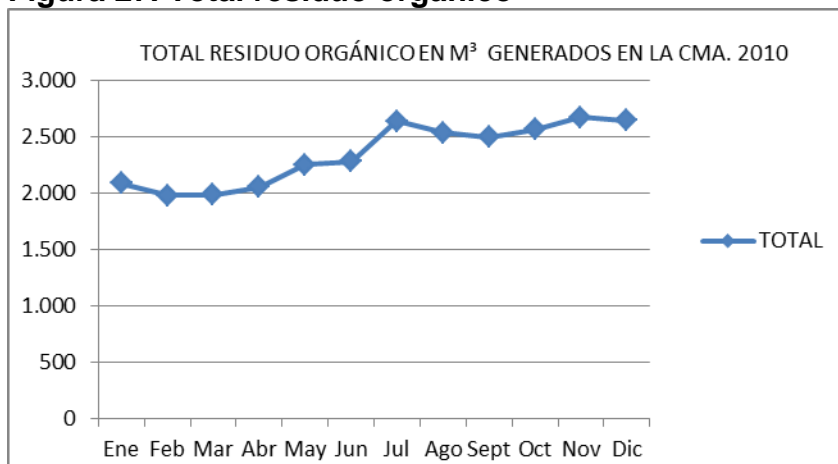
13.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS DE LA CMA

Figura 26. Aforo de desechos orgánicos 2010



Fuente: CMA. Gestión Ambiental.

Figura 27. Total residuo orgánico



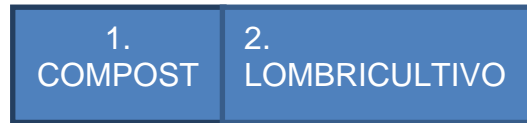
Fuente: CMA Gestión Ambiental.

En promedio se transportaron 30 toneladas mes de Residuos Orgánicos por parte de las empresas de aseo.

Para proponer un modelo se hace necesario desarrollar un escenario futuro propicio donde todos los supuestos tengan validez, para ello, se sugiere un módulo constituido por tres fracciones grandes y que la tercera porción a su vez se subdivide en tres partes como lo sugieren los gráficos.

13.2 APROVECHAMIENTOS GENERALES DE LOS R.O.

Figura 28. Aprovechamientos generales de los R.O.



Fuente: Autor

13.2.1 Compost. En el primer segmento se tendrá un compostadero para transformar residuos en abono orgánico cuyos datos serían:

Planta de compost para mango de 10 toneladas.

Tiempo de producción: 2 meses

Pilas de descomposición de 2 mt² cada una.

Precio por kilo de compost certificado promedio: 432 pesos/kilo.

Costo por Kilo certificado, promedio: 380 pesos/kilo

Inversión Inicial: 120 millones.

13.2.2 Lombricultivo. Para el Lombricultivo tenemos las siguientes condiciones

10 lechos de 2 mt² cada uno. Capacidad de Producción 10 toneladas/Humus.

Tamaño lecho: 2 mt². 1.5 x 4.5 x 0.30

Densidad de Lombrices californianas: 10.000 / Lecho Peso lombriz adulta= Aprox. 1 gr. Tiempo de vida= 1.5 años.

Capacidad= 2 toneladas de material. Producción= 1 tonelada de humus.

Tiempo de producción: 4 meses

Dieta: Residuos de mango

Inversión Inicial: 1 millón por lecho.

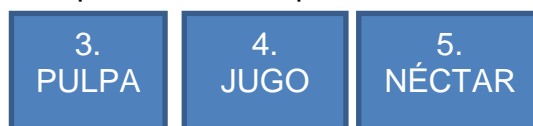
1 Kilo de lombriz = 10.000 pesos

1 Kilo de Humus en el mercado = 1.500 pesos.

Humus líquido(Lixiviado) por Litro en el mercado= 30.000

13.3 SUBPRODUCTOS DEL APROVECHAMIENTOS DE RESIDUOS DE MANGO.

Figura 29 Subproductos del aprovechamiento del mango



Fuente: Autores

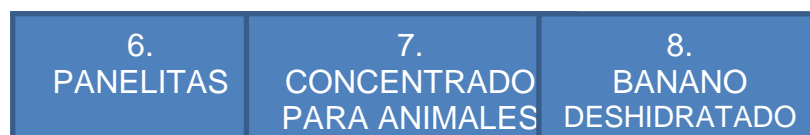
13.3.1 Pulpa de mango: Subproducto obtenido por el despulpado, refinado y pasteurizado de mango a partir del fruto seleccionado, fresco y sano.

13.3.2 Jugo de mango: Subproducto donde se corta la pulpa y se licua con un poco de agua, se hace un cernido y se incorpora con el agua y el azúcar. Se sirve con hielo picado o muy bien refrigerado.

13.3.3 Néctar de mango: Subproducto constituido por pulpa de fruta finamente tamizado, agua potable, azúcar, ácido cítrico, preservante y estabilizante. Sometido a un adecuado tratamiento en envases herméticos de tal forma que asegure su conservación. Es un producto no fermentado ni gasificado, el porcentaje mínimo de pulpa debe no ser menor del 50%.

13.4 SUBPRODUCTOS DEL APROVECHAMIENTOS DE RESIDUOS DE BANANO.

Figura 30 Subproductos del aprovechamiento del banano



Fuente: Autores

13.4.1 Panelitas de banano: Producto obtenido mediante la concentración por evaporación de una mezcla de banano, harina y azúcar en presencia de un neutralizante como bicarbonato.

13.4.2 Concentrado para animales: Proceso de selección, partición, tamizaje, limpieza y desinfección del banano que se convierte en harina para el consumo animal.

13.4.3 Banano deshidratado: Proceso donde se selecciona una fruta madura, se pela, se corta en 4 trozos, se le genera un azufrado con bisulfito de sodio y se pasa por aire caliente y se empaqueta.

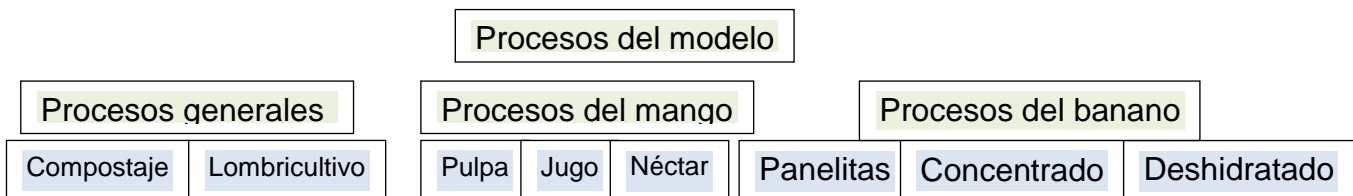
Tabla 12. Datos del modelo matemático

	UNIDADES	COMPOST	LOMBRICULTIVO	MANGO			BANANO		
				PULPA*	JUGO	NÉCTAR	PANELITAS	CONCENTRADO	DESHIDRATADO
Capacidad	Kg/día	400	400	500	500	500	1.000	1.000	1.000
Costos Totales	\$/kg	230	430	3.660	1.300	710	1.500	3.000	14.256
Precio de Venta	\$/kg o \$/litro	500	900	8.000	3.390	3.390	2.000	3.500	22.263
Utilidad Neta	\$/kg	270	470	4.340	2.090	2.680	500	500	8.007
Residuos	Kg/Ton	30	25	30	10	12	3	10	30
Tiempo de producción	Horas	1.440	2.880	1	1	2	2	8	4
Inversión inicial	\$ Millones	120	80	50	50	50	40	35	40

Fuente: Investigación de mercado de los autores

El modelo de producción se basa en 8 procesos como siguen:

Figura 31 Procesos de aprovechamiento del modelo



Fuente: Autores

- X₁ = Proceso de compostaje.
- X₂ = Lombricultivo.
- X₃ = Pulpa de mango
- X₄ = Jugo de mango
- X₅ = Néctar de mango
- X₆ = Panelitas de banano
- X₇ = Concentrado de banano para animales
- X₈ = banano deshidratado

Función Objetivo: Determinar el número de kilos de compostaje, lombricompuesto, pulpa de mango, jugo de mango, néctar de mango, panelitas de banano, concentrado de banano para animales y banano deshidratado que se deben producir para maximizar las utilidades.

$$\text{Max } Z = 270 X_1 + 470 X_2 + 4.340 X_3 + 2.090 X_4 + 2.680 X_5 + 500X_6 + 500X_7 + 8.007X_8$$

Sujeto a un ciclo de producción mensual.

$$\text{Mango: } 400X_1 + 400 X_2 + 500 X_3 + 500 X_4 + 500 X_5 < 60.000$$

$$\text{Banano: } 400 X_1 + 400X_2 + 1.000X_6 + 1.000X_7 + 1.000X_8 < 75.000$$

Restricciones del negocio: Estas restricciones se generan debido al comportamiento de las ventas de estos subproductos cuya fuente es la empresa FRULY.

$$X_3 = X_4 + X_5$$

$$X_7 = X_6 + X_8$$

Con $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8 > 0$

Tabla 11. Planteamiento del modelo en la herramienta WinQSB

Variable →	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	Direction	R. H. S.
Maximize	270	470	4340	2090	2680	500	500	8007		
Mango	400	4000	500	500	500				<=	60000
Banano	400	400				1000	1000	1000	<=	75000
Neg 1			1	-1	-1				=	0
Neg 2						-1	1	-1	=	0
LowerBound	0	0	0	0	0	0	0	0		
UpperBound	M	M	M	M	M	M	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous		

Y después de correr el proceso y hacer sensibilización de las variables este es el resultado de la Función Objetivo que se formuló.

Tabla 12 Resultados de correr el modelo en la herramienta

	09:50:49		Thursday	September	08	2011		
	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	X1	0	270.00	0	-4239.40	at bound	-M	4509.40
2	X2	0	470.00	0	-29311.40	at bound	-M	29781.40
3	X3	60.00	4340.00	260400.00	0	basic	-2680.00	M
4	X4	0	2090.00	0	-590.00	at bound	-M	2680.00
5	X5	60.00	2680.00	160800.00	0	basic	2090.00	M
6	X6	0	500.00	0	-7507.00	at bound	-M	8007.00
7	X7	37.50	500.00	18750.00	0	basic	-8007.00	M
8	X8	37.50	8007.00	300262.50	0	basic	500.00	M
	Objective	Function	(Max.) =	740212.50				
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	Mango	60000.00	<=	60000.00	0	7.02	0	M
2	Banano	75000.00	<=	75000.00	0	4.25	0	M
3	Neg 1	0	=	0	0	830.00	-120.00	120.00
4	Neg 2	0	=	0	0	-3753.50	-75.00	75.00

Fuente: WinQSB.

13.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL MODELO

La Función Objetivo se cumpliría con un costo de producción de 740.212.5 pesos mensuales. La solución óptima para maximizar las utilidades por kilogramo producido de los 8 subproductos sugiere que no se debe producir:

X1 Compostaje porque se perdería por cada kilo 4.239.40 pesos;

X2 Lombricultivo porque se perdería en la producción por kilo 29.311.40 pesos;

X4 Jugo de mango porque por cada litro producido se perdería 590 pesos;

X6 Panelitas de banano porque se perdería 7.507 pesos por kilo producido.

Lo que si aconseja el modelo es producir los siguientes subproductos en punto de equilibrio:

X3 Pulpa de mango con una contribución al costo de producción mensual de 260.400 pesos

X5 Néctar de mango con una contribución al costo de producción mensual de 160.800 pesos

X7 Concentrado de banano para animales con una contribución al costo de producción mensual de 18.750 pesos

X8 Banano deshidratado con una contribución al costo de producción mensual de 300.262.5 pesos

También el modelo confirma que se debe utilizar los 60.000 kilos de mango mensual porque por cada kilo de menos, se pierde 7.02 pesos y también los 75.000 kilos de banano mensual porque si se produce menos kilos se pierde 4.25 pesos por cada uno. Las implicaciones de modelar una serie de procesos antes de realizarlos en la práctica, es decir antes de hacer inversión son de enorme valor agregado para las decisiones administrativas futuras. Este prototipo muestra varias de esas implicaciones:

Se diseñaron previamente muchos procesos, pero al averiguar los datos e insertarlos en el modelo muchos de ellos generaban pérdida, condición financiera que sería insostenible en el tiempo. La no viabilidad del 50% de los procesos para este caso, puede interpretarse como una ansiedad grande de pretender arreglar todo, sin saber su comportamiento práctico, una cosa es el deseo y otra la práctica financiera.

La inversión inicial calculada era de 465 millones para los 8 procesos, pero la inversión resultante que maximiza las utilidades solo es de 175 millones, se nota una diferencia sustantiva en la forma de inversión y en el uso del dinero debido al modelamiento. Para poder cumplir con la Función Objetivo resultante, se hace necesario tomar decisiones como las sugeridas e implicará que los cuadros preliminares de datos quedan de la siguiente manera:

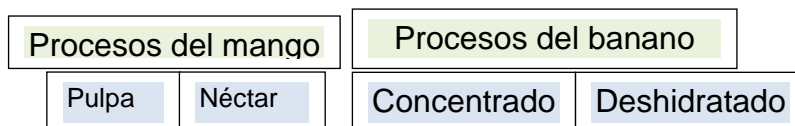
Tabla 13. Solución de la Función Objetivo.

Solución de la Función Objetivo del modelo				
Variables	MANGO		BANANO	
	PULPA	NÉCTAR	CONCENTRADO	DESHIDRATADO
Capacidad	500	500	1.000	1.000
Costos Totales	3.660	710	3.000	14.256
Precio de Venta	8.000	3.390	3.500	22.263
Utilidad Neta	4.340	2.680	500	8.007
Residuos	30	12	10	30
Tiempo de producción	1	2	8	4
Inversión inicial	50	50	35	40

Fuente: Autores

El modelo de producción resultante será de 4 procesos y a su vez subproductos, como siguen:

Figura 32 Procesos resultantes de desarrollo sostenible



Fuente: Autores

14. DISCUSIÓN

Al generar un prototipo básico se empieza a notar la necesidad de practicar un modelamiento integral a los más de 100 productos perecederos que vende la CMA, entre frutas y hortalizas a los cuales se les debía aplicar un modelo similar para comprender el comportamiento.

En el modelo se nota que el aprovechamiento mensual para maximizar utilidad y a la vez mejorar la productividad muestra un costo de producción de 740.212.5 pesos mensuales entre banano y mango, dicha producción es la mejorada ya que con una buena selección de la materia prima, el cliente no diferencia entre el producto aprovechado contra el completo sin problema.

Se discute la no viabilidad financiera a corto plazo del compostaje y el lombricultivo en este caso, contra la utilidad medioambiental; la viabilidad financiera se basa en la eficiencia del capital para producir rentabilidad económica a diferencia de la viabilidad medioambiental que considera los daños ambientales completos, las toneladas aprovechadas, la recuperación y abonamiento de suelos posterior, la producción de trabajo, la producción de biomasa, los ahorros de tratamiento medioambiental en el relleno sanitario, los ahorros por tonelada para el cobro de empresas varias, disminución de la carga de residuos en la ciudad y en general toda una serie de variables de contrapeso que hacen sugerir que a largo plazo son económicamente sostenibles.

Desde la racionalidad ambiental, la rentabilidad económica percibida, discrepa con la rentabilidad ambiental y social que el proyecto desarrolla, lo que genera conflicto de causa al pensar que una sencilla readaptación de los procesos no sirve y deja vislumbrar que es otro acomodo capitalista siendo pertinente con la economía ecológica y con una visión no lineal y compleja de la situación del reciclaje y la valorización de los residuos, en este caso de mango y banano.

15. CONCLUSIONES

Desde la perspectiva de la Economía ecológica, la sensibilización de carácter medioambiental del Modelo económico resultado de este trabajo generará una conciencia de los comerciantes hacia la valorización de los residuos sólidos orgánicos de mango y banano dentro de la CMA, implementando así el desarrollo del capital humano como eje de una economía ecológica.

Esta nueva conciencia, implica cambios en el modo de pensar y de percibir los residuos orgánicos y también prepara el terreno para que en la realidad, se haga la construcción del Modelo de la solución objetivo, que generará un capital construido o físico, que sería un esfuerzo preliminar por hacer aprovechamiento de dos frutas como prototipo, para que sea el inicio de infraestructura necesaria para el aprovechamiento del resto de frutas además de contribuir de un modo social a la disminución de las externalidades explicadas, este proyecto genera un capital social que se desarrolla cuando se aprovechan los resultados de estos procesos y se regala un subproducto para las escuelas que en última instancia son redes sociales, al desarrollar el néctar y las pulpas para ayudar a mejorar la alimentación de las escuelas de bajos recursos del municipio de Itagüí, de otra parte, el capital natural se puede desarrollar con la perspectiva de largo plazo, e implicaría un aporte de mitigación al calentamiento global, al mejoramiento de suelos, a la producción de biomasa y a otra serie de problemas macros con respecto al manejo de los residuos.

Desde la perspectiva de la racionalidad ambiental, este cambio de percepción del comerciante cotidiano frente a un fenómeno ambiental como el de los residuos, conllevará a inquietudes que traten y generen un cambio en el comportamiento personal de cada comerciante que a su vez vaya cambiando el de la sociedad, no de forma radical como lo perciben algunos sino desde la construcción de unos diálogos de saberes nuevos con respecto a la valorización y a la optimización de un recurso que ha sido percibido económicamente como un gasto y culturalmente como desecho.

Se quiere dejar la conclusión de carácter ético respecto a este caso para hacer notar que unos procesos que generen y maximicen rentabilidad pueden sostener otros procesos que generen un cambio cualitativo al medioambiente y una mejora sostenible para la naturaleza además que aplicar una alternativa adecuada para el manejo del banano y el mango, como residuos reciclados, tiene una incidencia significativa en la cantidad de residuos en los rellenos sanitarios y en los costos asociados a la producción, recolección, transporte y disposición final de los residuos generados en la Central Mayorista de Antioquia (CMA) en el municipio de Itagüí, Antioquia, Colombia.

BIBLIOGRAFÍA

1. Delgado Oscar (1985) La estructura agraria en Colombia. Economía Colombiana No 160-161 agosto-septiembre Bogotá.
2. Echavarría Olózoga, Hernán (1995) La tenencia de la tierra y el desarrollo económico y social. Santafé de Bogotá.
3. Prebisch, Raúl. Escritos 1919-1986. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). LC/G.1461/E. Marzo de 2006
- 4 <https://www.finagro.com.co/productos-y-servicios/información-sectorial>
5. Codhes Informa. Boletín de la Consultoría para los Derechos Humanos y el Desplazamiento. Número 79. Bogotá, Quito, Marzo de 2012.
6. Machado Absalón, 2002. La cuestión agraria en Colombia a finales del milenio. El Ancora editores Bogotá.
7. Encuesta Nacional Agropecuaria. ENA. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). 2010.
8. Valderrama, Mario y Mondragón, Héctor, “Desarrollo y Equidad con Campesinos”, El Ancora editores Bogotá.
9. CEDE. Medición del impacto de un programa de reforma agraria en Colombia. 2011.
10. <http://www.cci.gov.co/Noticias/Agricola/2013/Precio-Productores-y-exportadores.aspx>
11. <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-435257>
12. http://www.minagricultura.gov.co/archivos/memorias_congreso_2010-2011.pdf
13. Douglas Long, Logística Internacional. (2006). Administración de la cadena de abastecimiento global. México: Editorial Limusa
14. http://www.aarp.org/espanol/cocina_y_nutricion/dieta-y-nutricion/info-08-2010/precios_productos_frescos.html
15. <http://Observatorioagrocadenas/jspui/handle/123456789/428>
16. FAOSTAT, 2011: “Food and Agricultural commodities production”. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> Revisado el 16 de marzo de 2011. Roma (Italia).
17. Vasconcellos, Andrés J. Alimentos funcionales. Conceptos y beneficios para la salud. Universidad de Antioquia. 2007.

18. ENSIN 2010 Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia. Convenio Instituto Colombiano de Bienestar Familiar con el Ministerio de la Protección Social. 2010
19. International Food Policy Research Institute (IFPRI), "2010: Food Security, Farming, and Climate Change to 2050: Scenarios, Results, Policy Options". Washington D.C., (United States).
20. CORPORACIÓN COLOMBIANA INTERNACIONAL .2010, Análisis internacional del sector Hortofrutícola para Colombia. 1ª ed. Bogotá, 389p
21. <http://www.logisticamx.enfasis.com/notas/7020>
22. INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA (IICA). 2003, Situación y Perspectivas de la Agricultura y de la Vida Rural en las Américas: San José de C R: 283p
23. http://www.lamayorista.com.co/site/esp/reseña_histórica
24. Datos contruidos a partir de revisión estadística del Ministerio del medioambiente, del DANE y del IDEAM-(Grupo de Gestión Ambiental, CMA, 2010).
25. http://www.lamayorista.com.co/site/esp/reseña_histórica
26. http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/bol_abas_nov12.pdf
27. www.nutriseg.com/Almacenaje-de-Alimentos.html - México
28. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/ak003s/ak003s06.pdf>
29. www.madridsalud.es/temas/transporte_alimentos.php
30. *Boletín de la RED DE VIGILANCIA DE CALIDAD DEL AIRE VALLES DE ABURRÁ Y SAN NICOLÁS*
31. <http://economy.blogs.ie.edu/archives/2011/02/que-son-las-externalidades.php>
32. http://esr.cemefi.org/Mejores_Practicas_2010/Mejor_Practica_de_America_Latina/Central_mayorista_de_Antioquia_COLOMBIA.pdf
33. Castaño, A y D. Londoño. 2002. Sinergia de subproductos industriales en el municipio de Itagüi. Trabajo de grado. Ingenieros de Producción. Escuela de Ingeniería. Universidad EAFIT, Medellín, Colombia. 70 p.
34. Gallopin Gilberto Sostenibilidad y desarrollo Sostenible: un enfoque sistémico. Serie medioambiente y desarrollo. CEPAL. 2003.
35. Nutbeam Don. Glosario de Promoción de la Salud. Universidad de Sydney, Australia. OMS. 1998.

36. Cleveland, Cutler J., Stern, David I. y Costanza, Robert (2001), The Nature of Economics and the Economics of the Nature. Cheltenham: Edward Elgar. [ISBN 1-85898-980-9](#).
37. Ropke, Inge (2005), Trends in the development of ecological economics from the late 1980s to the early 2000s, Amsterdam: Elsevier. Vol55/2. ISSN0921-8009.
38. UNA-UICN (2007), Valoración Económica Ecológica y Ambiental Análisis de casos en Iberoamérica --1a. ed.-- Heredia, C.R.: EUNA, [ISBN 978-9977-65-291-1](#)
39. Naredo, J.M. y Parra, Fernando (coords.) (2000), Economía, ecología y sostenibilidad en la sociedad actual, Madrid: Siglo XXI .[ISBN 84-323-1044-1](#).
40. [Informe Our Common Future: Brundtland Report](#) (en inglés). 20 March 1987. ONU
41. http://www.oarsoaldea.net/agenda21/files/Nuestro_futuro_comun.pdf
42. Goodland, Robert; Daly, Herman; El Serafy, Salah; Von Droste, Bernd (editores) (1992). Medio ambiente y desarrollo sostenible. Más allá del Informe Brundtland. Ed. Trotta. Madrid. pp. 14-18, 121.
43. Engel Eduardo y Neut Alejandro, Decisiones colectivas, externalidades y bienes públicos, DII - Universidad de Chile (1995).
44. W.J. Baumol, W.E. Oates, The Theory of Environmental Policy, Cambridge University Press, 1988.
45. Copeland, M.S. Taylor, Trade and Environment, Princeton University Press, 2003
46. Azqueta, D. (2007), Introducción a la Economía Ambiental. McGraw Hill / Interamericana de España, segunda edición
47. Álvarez León, Ricardo, Biosistemas Integrados, desarrollo Humano y Desarrollo Sostenible. editorial: [Fusion Comunicación Gráfica S.A.S.](#) ISBN: 978-958-99351-1-8
48. Leff, Enrique (coordinador). Ciencias sociales y formación ambiental. GEDISA/CIIH-UNAM/PNUMA . Barcelona, 1994.
49. Kuhn, Thomas (1962), La estructura de las revoluciones científicas, Fondo de Cultura Económica, Breviarios núm. 213, México, 1981
50. http://www.cenicafe.org/es/documents/propuesta_cenicafe_abril13.pdf
51. Echevarría, M. 2002. Producción de hidrógeno a partir de la descomposición térmica catalítica del biogás de digestión anaerobia. Rev. Téc. Residuos. 12(68):94-98 Elias, X. 2003. Uso de combustibles alternativos
52. Castaño Betancur, NJ, Galvis Rojo, SM. Propuesta para el manejo de la cadena de abastecimiento para los productos perecederos de la Central Mayorista de Antioquia. Medellín: Universidad Nacional Sede Medellín, 2003.
53. <http://www.labasura.com.co/index.php?view=article...>
54. ICONTEC. Norma Técnica Colombiana GTC 24 2009-05-20. Gestión Ambiental Residuos Sólidos. Guía para la separación en la fuente.
55. <http://www.corantioquia.gov.co/docs/LOGROS/GIRS.htm>
56. www.minambiente.gov.co/Puerta/destacado/Política_Nacional/Residuos.doc

57. SIAM. Caracterización de residuos sólidos municipio de Medellín. Plan de Manejo Integral de Residuos Sólido. Medellín: Municipio de Medellín, 2006. p.5-99.
58. AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRA. Diseño de instrumentos económicos para la implementación del Plan de Gestión Integralde Residuos Sólidos Regional. Universidad de Antioquia. Medellín: El Area. 2007. p. 20-21.
59. Medina, M. 1997. Manejo de desechos sólidos y desarrollo sustentable. Rev. Antioq. Econ. Desarro. 54:70-80.
60. Salas Jiménez, Juan Carlos; Quesada Carvajal, Hilda. Impacto ambiental del manejo de desechos sólidos ordinarios en una comunidad rural. Tecnología en Marcha. Vol. 19-3 - 2006
61. Campos, M. Evaluación de los proyectos de compostaje en Colombia. Risaralda: Fundación Natura. 1998; p.7.
62. Correal, M. Diagnóstico sectorial de las plantas de aprovechamiento de Residuos Sólidos. Bogotá: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. 2008. p.1-3.
63. http://www.eafit.edu.co/escuelas/administracion/consultorio-contable/Documents/Nota_Clase_Costos_Ambientales.pdf
64. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Política Nacional de los Residuos. 1998.
65. Correa. R. Francisco. Economía de la Sostenibilidad: perspectivas económicas y ecológicas. Documento de Trabajo. Medellín: Universidad Nacional Sede Medellín, Escuela de Economía, 2003
66. Puerta Echeverri, Silvia. Evaluación física, química y microbiológica del proceso del compostaje de residuos sólidos urbanos, con microorganismos nativos y comerciales en el municipio de Venecia (Ant). Medellín: Tesis de Maestría en Biotecnología. 2007. p.57.
67. Arroyave, M.; Vahos M., D. Evaluación del proceso de compostaje producido en un tanque bio reactor piloto por medio de biofermentación. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 1999. .p15.
68. Jaramillo, M. Primer simposio sobre biofábricas: Biología y aplicaciones de la célula cultivada. Medellín: Editorial. 200. p. 3-7.
69. Castillo Ríos, Carlos. Elaboración de compost en Manizales a partir de residuos orgánicos urbanos. En: Revista Nro 4 Luna Azul. Universidad de Caldas, Manizales 2007; s.p.
70. Soto, Gabriela. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Taller de Abonos Orgánicos. En: Abonos Orgánicos, el proceso del compostaje. Costa Rica, 3 y 4 marzo, 2003; p.18
71. Rodríguez, T Trigo. Biología de las lombrices de tierra. En: Técnicas de manejo para la producción de humus. Méjico: Ed. Interamericana. 2007. p. 2
72. Intermediate Technology Development Group. ITDG. 2008 a. Biogas and liquid biofuels. The Shumacher Centre for Technology and Development. England. En: http://www.itdg.org/docs/technicalinformation_service/fruit_waste_utilisation.pdf. Consulta: Febrero 2008.

73. <http://www.ecologismo.com/2011/01/03/ventajas-de-los-biocombustibles/>
74. Correal, M Opus citato.
75. Soto, Gabriela. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Taller de Abonos Orgánicos. En: Abonos Orgánicos, el proceso del compostaje. Costa Rica, 3 y 4 Mayo, 2004; p.21
76. Reinoso, Elsy. ¿Qué hacer con los residuos sólidos? En: Icontec. Responsabilidad Social de las Empresas. Normas & Calidad No. 45. Bogotá: ICONTEC. 2000. p. 15.
77. <http://www.utp.edu.co/institutoambiental/normatividad-y-legislacion-ambiental/normatividad-aplicable-residuos-solidos.html>
78. Barnett, E. 1989. Manejo post-cosecha y procesamiento de mango Hadden. En: Tercera reunión de la Red Latinoamericana de Agroindustria de Frutas Tropicales. Bogotá. 1989.
79. <http://www.portafolio.co/archivo/documento/CMS-4720630>
80. Beerh, O. 1976. Utilization of mango waste, recovery of juice from waste pulp and peel. En: Journal of Food Science.
81. www.cocinasalud.com/composicion-quimica-del-mango/ - España
82. <http://elecodenayarit.net/ediciones/2010/06/13/07.pdf>
83. Adsule, P. G. y S. K. Roy. Studies on some important commercial varieties of mango of North India in relation to canning, freezing and chemical preservation of pulp. Journal of Food Science and Technology. 12, 257. 1975.
84. Dougherty, R. H. and J. A. Koburger. Preparation and storage of pasteurized-refrigerated mango fruit. Proc. Fla. Sta. Hort. Soc. 85, 190. 1972.
85. www.cci.org.co/cci/cci_x/Sim/.../perfilmango1.html
86. www.corpoica.org.co/sitioweb/Noticias/vernoticia.asp?id_noticia...
87. Salisbury, Frank. and Ross, C.W. Fisiología de las plantas Madrid Grupo Ed. Plaza, 2002.
88. Engel , [James F.](#) , *etc.*, [R.D. Blackwell](#), [P.W. Miniard](#) Consumer Behaviour (Paperback), Harcourt Publishers Group (Australia) Pty.Ltd **ISBN 9780030153372**
89. Kamran Ghasemi a , Yosef Ghasemi a and Mohammad Ali Ebrahim Zadeh Antioxidant activity, phenol y flavonoid contentes of 13 citrus species peels and tissues,
90. Robles Sánchez, Maribel; Gorinstein, Shela; Martín Belloso, Gustavo y Cruz-Valenzuela, Reinaldo. 2007. Frutos tropicales mínimamente procesados: potencial antioxidante y su impacto en la salud. Interciencia. 32(4):227
91. Schieber, A.; Stintzing, F.C. and Carle, R. 2001. By products of plant food processing as a source of functional compounds - recent developments. Trends in Food Science & Technology.
92. Soong, Yean Yean and Barlow, Philip J. 2006. Quantification of gallic acid and ellagic acid from longan (*Dimocarpus longan* Lour.) seed and mango (*Mangifera indica* L.) kernel and their effects on antioxidant activity. Food Chemistry. 97(3):524-530.

93. <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/ingciencia/article/view/440>
94. Mahayothee, B., Neidhart, S., Leitenberger, M., Mühlbauer, W., Carle, R. Non-destructive maturity determination of Thai mangoes cv. Nam Dokmai and cv. Chok Anan by near-infrared spectroscopy. Paper presented at the 1st Workshop on NIR Spectroscopy in Thailand. Bangkok, Thailand, 27-28 November 2002.
95. Rodriguez-Amaya, D. B., H. T. Godoy, A. Z. Mercadante and D. M. R. Ramos. 1999. Carotenoid composition of underexploited Brazilian fruits. Paper presented at the 9th World Congress of Food Science and Technology, Budapest.
96. Simpson, K. L. 1983. Relative value of carotenoids as precursors of vitamin A. Proc. Nutr. Soc. 42:7-17.
97. Bernardini, N., Ködler, M., Schieber, A. and Carle, R. 2005. Utilization of mango peels as a source of pectin and polyphenolics. Innovative Food Science & Emerging Technologies 6: 442 – 452. En: www.sciencedirect.com. Consultada en diciembre de 2012
98. Farias, L., A. Paulmier, and M. Gallegos. 2007. Nitrous oxide and N-nutrient cycling in the oxygen minimum zone off northern Chile. Deep-Sea Res. I 54: 164–180.
99. Abraham, E. R., S. Ramachandran and V. Ramalingam. 2007. Biogas: Can it be an important source of energy?. Env. Sci. Pollut. Res. 14 (1): 67-71. [[Links](#)]
100. Cardona, J. 2002. 2500 toneladas diarias de basura buscan acomodarse. Rev. Amb. El Reto. 42:20-27. [[Links](#)]
101. Legall, J.R., L.E. Dicoyskiy y Z.I. Valenzuela. 2008. Manual básico de lombricultura para condiciones tropicales. Escuela de Agricultura y Ganadería de Estela "Francisco Luis Espinoza". Nicaragua. En: <http://usuarios.rnet.com.ar/mmorra/libro2.htm>. Consulta: Enero 2008. [[Links](#)]
102. Berardini N., Knödler M., Schieber A. and Carle R. "Utilization of mango peels as a source of pectin and polyphenolics". Innovative Food Science & Emerging Technologies. Vol. 6, 2005, pp. 442-452.
103. Contreras-Esquivel J.C., Espinoza-Pérez J.D., Montañez-Saenz J.C., Charles-Rodríguez A.V., Renovato J., Aguilar C.N., Rodríguez-Herrera R. and Wicker L. "Extraction and characterization of pectin from novel sources". Advances in Biopolymers. ACS Symposium Series. Vol. 935, chapter 14, 2006, pp. 215-229.
104. Yahia E., Ornelas J. y Ariza R. La química del mango. México. Ed. Trillas, 2006.
105. Martinez-Florez S, Gonzalez-Gallego J, Culebras JM, Tunon MJ. Nutr Hosp. 2002;17:271-8.
106. Gutiérrez, L., Oktaba, K., Scheuermann, J.C., Gambetta, M.C., Ly-Hartig, N., Müller, J. (2012). The role of the Proteyn histone H2A ubiquitinase Sce in Polycomb repression. [Development 139\(1\): 117--127.](#)
107. Fernández, E. Procedimiento para la purificación de biogás. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. Publicación CU 23003 Al. Oficina Cubana de la Propiedad Intelectual. Habana, Cuba. 18 p. (2004). [[Links](#)]

108. Mesa Dairo Hernán, Zapata M, Alberto, Marulanda José Ludey, Generalidades sobre Materiales de Ingeniería. Colombia, 2007, Métodos térmicos, ISBN: 0, Vol. 1, págs:1 - 38, Ed. Universidad Tecnológica de Pereira.
109. http://www.tecniamsa.com/index.php?option=com_content&view=article&id=20&Itemid=111
110. Advanced Thermal Conversion Technologies for Energy from Solid Waste, IEA CADDET Centre for Renewable Energy, Oxfordshire, Reino Unido. Agosto 1998. Un informe conjunto del Programa de bioenergía de la IEA y del Programa de energías renovables de CADDET. <http://www.caddetre.org>
111. Vahos, D y Moreno, J. Guía Para Preparación del Suelo y Adecuación de Tierras para Siembra Nueva o Renovación en el Cultivo de Banano. Cartillas Mejores Prácticas Banatura CONVENIO AUGURA SENA 2007
112. Rosales F .E, Tripon S.C. Producción de banano orgánico y Ambientalmente Amigable
113. <http://aycanban.com/nutricion-del-banano.htm>
114. ANZALDUA MORALES ANTONIO, La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica, Universidad Autónoma de Chihuahua, editorial Acribia, España, primera edición, 1994.
115. WILLS RON ; MCGLASSON BARRY; GRAHAM DOUG; JOYCE DARYL, Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. Fourth edition. CAB International, New York. USA. 1981
116. Giraldo G. (2004). Conservación de frutas por método combinado. Revista de Investigaciones. Universidad del Quindío N° 14 (121-129).
117. ASOCIACIÓN DE BANANEROS DE COLOMBIA, AUGURA – CENIBANANO. LOS DESECHOS GENERADOS POR LA INDUSTRIA BANANERA COLOMBIANA
118. http://silvagreggo1960.blogspot.com/EI_proceso_del_banano
119. http://www.augura.com.co/index.php?option=com_content&view=article&id=13&Itemid=31
120. <http://www.cecodes.org.co/negociosinclusivos/documentos/CONNIC2010/Junio/augura-negocios-inclusivos.pdf>
121. Centro de Investigaciones en Tecnología de Alimentos. Alternativas de Transformación del Banano no Exportable en Costa Rica. Universidad de Costa Rica, San José. 1986. 29 p.
122. ASOCIACIÓN DE BANANEROS DE COLOMBIA, AUGURA – CENIBANANO. Los desechos generados por la industria bananera colombiana.
123. Aguirre Cruz A., Bello Pérez A., González Soto L.A., Álvarez Castillo R.A., (2007). Modificación química del almidón presente en la harina de plátano macho (*Musa Paradisiaca* L.) y su efecto en el contenido de fibra dietética. Memorias IX congreso de ciencia de los alimentos y v foro de ciencia y tecnología de alimentos, Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad de Guanajuato, México. pp. 63 -70.

124. Rodríguez -Ambriz, S., Islas-Hernandez, & Bello-Perez, L. (15 de Abril de 2008). "Characterization of a fibre-rich powder prepared by liquefaction of unripe banana flour ".Food Chemistry , 1515-1521.
125. Lewis M.J.(1993) Propiedades Físicas de los Alimentos y de los Sistemas de Procesado, Editorial Acribia Zaragoza España
126. Romero, A., Aguilar, S., & Ruiz, Á. A. (2005). Diseño del proceso de producción de alcohol carburante a partir de la planta de banano. Recuperado el 16 de Marzo de 2011, de <http://www.unalmed.edu.co/bioetanol/banano.doc>
127. Naranjo, E., & Vanegas, L. S. (2009). "Mercado de alimentos funcionales " La revista para la industria de alimentos , pag 48-51.
128. AFANADOR, ANGÉLICA MARÍA EL BANANO VERDE DE RECHAZO EN LA PRODUCCIÓN DE ALCOHOL CARBURANTE. Revista EIA, ISSN 1794-1237 Número 3 p. 51-68. Junio 2005. Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín (Colombia)
129. Gañán, P., Zuluaga, R. Salazar, S., Villa, C., & Hincapié, D. (2006). "Desarrollo de nuevos materiales y aplicaciones a partir de los residuos generados por la agroindustria de musaceas comestibles en Colombia". XVII Reunión Joinville, Brasil, pág. 868.
130. Aguilar, S., Ramírez, J., & Malagón, O. (2007). "Extracción de fibras no leñosas: Banano (Musa Paradisiaca L.) para estandarizar un proceso tecnológico destinado a la elaboración de pulpa y papel". Revista Iberoamericana de Polímeros, 8(2), 89-98.
131. CENTRAL MAYORISTA DE ANTIOQUIA. CMA. Grupo de gestión ambiental. plan de manejo integral de residuos sólidos. Medellín: Central Mayorista de Antioquia, 2010.
132. UNIVERSIDAD DE LOS ÁNGELES. Facultad de Ingeniería de Sistemas. Curso de investigación de operaciones. EEUU: UNIVERSIDAD DE LOS ANGELES. 2009.
133. Patriksson, M., The Traffic Assignment Problem. Models and Methods, VSP, Utrecht, The Netherlands, 1994.
134. <http://www.investigaciondeoperaciones.net/>
135. Isidoro Marin, Raul J. A. Palma, Carlos A. Lara: "La programación lineal en el proceso de decisión"
136. Kauffman, A., 1972. Métodos y Modelos de la Investigación de Operaciones. CECSA
137. Kauffmann A., Henry-Labordere, A.. Métodos y Modelos de la Investigación de Operaciones Tomo III. CECSA. 1976
138. <http://www.dia.fi.upm.es/~jafernan/teaching/operational-research/WinQSB2.0.pdf>