

INFORME FINAL
PARTICIPACIÓN EN EL PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
SÓLIDOS (PGIRS) MUNICIPIO DE CALDONO- CAUCA

JULIÁN YESID NARVÁEZ MERA

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

2006

INFORME FINAL
PARTICIPACIÓN EN EL PLAN DE GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS
SÓLIDOS (PGIRS) MUNICIPIO DE CALDONO- CAUCA

JULIÁN YESID NARVÁEZ MERA

TRABAJO PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO AMBIENTAL

Director:
JUAN CARLOS CASAS ZAPATA

Ingeniero Químico
Magíster en Ingeniería Ambiental.

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

2006

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	1
1. GENERALIDADES	2
2. ANTECEDENTES	4
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
4. JUSTIFICACIÓN	9
5. OBJETIVOS	11
5.1 OBJETIVO GENERAL	11
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
6. DESCRIPCIÓN DEL MUNICIPIO DE CALDONO	12
6.1 LOCALIZACIÓN	12
6.2 ECONOMÍA	13
6.3 SERVICIOS BÁSICOS	14
6.4 DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN	14
7. METODOLOGÍA	16
7.1 INVENTARIO DE SECTORES GENERADORES DE RESIDUOS SÓLIDOS	16
7.2 CALCULO DEL NUMERO DE MUESTRAS REPRESENTATIVAS	16
7.3 MUESTREO	16
7.4 VERIFICACIÓN ESTADÍSTICA DEL TOTAL DE MUESTRAS RECOLECTADAS	18
7.5 CALCULO DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN	18
7.6 CALCULO DE LA PRODUCCIÓN MENSUAL DE RESIDUOS SÓLIDOS POR TIPO DE USUARIO	19
7.7 CALCULO DE LA PPC GENERAL	19
8. RESULTADOS DEL CENTRO POBLADO DE SIBERIA	20
8.1 INVENTARIO DE SECTORES GENERADORES DE RESIDUOS SÓLIDOS	20
8.2 CALCULO DEL NUMERO DE MUESTRAS REPRESENTATIVAS DE CADA SECTOR	20
8.3 DATOS DE CAMPO	22
8.3.1 Sector Residencial	22
8.3.2 Sector Comercial	23
8.3.3 Sector Institucional	24
8.4 CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS SEGÚN LA NORMA RAS	24
8.4.1 Sector Residencial	24
8.4.2 Sector Comercial	25
8.4.3 Sector Institucional	26
8.5 VERIFICACIÓN ESTADÍSTICA DEL TOTAL DE MUESTRAS RECOLECTADAS	27

8.6 CALCULO DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN	28
8.7 PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL CENTRO DE SALUD	31
8.8 PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA PLAZA DE MERCADO Y EL MATADERO	32
8.9 PRODUCCIÓN TOTAL DE RESIDUOS POR TIPO DE USUARIO DE SIBERIA	33
8.10 CALCULO DE LA PPC GENERAL DEL CENTRO POBLADO DE SIBERIA	34
8.11 CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS DE SIBERIA	34
9. RESULTADOS DEL CENTRO POBLADO DE PESCADOR	37
9.1 INVENTARIO DE SECTORES GENERADORES DE RESIDUOS SÓLIDOS	37
9.2 CALCULO DE NUMERO DE MUESTRAS REPRESENTATIVAS DE CADA SECTOR	38
9.3 DATOS DE CAMPO	39
9.3.1 Sector Residencial	39
9.3.2 Sector Comercial	40
9.3.3 Sector Institucional	41
9.4 CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS SEGÚN LA NORMA RAS	42
9.4.1 Sector Residencial	43
9.4.2 Sector Comercial	43
9.4.3 Sector Institucional	44
9.5 VERIFICACIÓN ESTADÍSTICA DEL TOTAL DE MUESTRAS RECOLECTADAS	45
9.6 CALCULO DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN	46
9.7 PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL CENTRO DE SALUD	49
9.8 PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA PLAZA DE MERCADO Y EL MATADERO	51
9.9 PRODUCCIÓN TOTAL DE RESIDUOS POR TIPO DE USUARIO EN PESCADOR	52
9.10 CALCULO DE LA PPC GENERAL DEL CENTRO POBLADO DE PESCADOR	53
9.11 CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS DE PESCADOR	53
10. ANÁLISIS DE RESULTADOS	56
11. JORNADA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL	61
12. ANÁLISIS DOFA	62
13. IDENTIFICACIÓN DEL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL	64
14. CONCLUSIONES	66
15. RECOMENDACIONES	67
BIBLIOGRAFÍA	68
ANEXOS I.	
ANEXOS II.	

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Población urbana y rural del municipio de Caldono	15
Tabla 2. Distribución de la población urbana en los cuatro centros poblados	15
Tabla 3. Esquema de clasificación según la composición física	17
Tabla 4. Número de edificaciones en área urbana de Siberia	20
Tabla 5. Muestras representativas de cada sector productor de Siberia	21
Tabla 6. Cantidad de residuos sólidos producidos por el sector residencial de Siberia	22
Tabla 7. Cantidad de residuos sólidos producidos por el sector comercial de Siberia	23
Tabla 8. Cantidad de residuos sólidos producidos por el sector institucional de Siberia	24
Tabla 9. Caracterización correspondiente al sector residencial de Siberia	25
Tabla 10. Caracterización correspondiente al sector comercial de Siberia	26
Tabla 11. Caracterización correspondiente al sector institucional de Siberia	26
Tabla 12. Calculo del C.V. para cada sector generador de residuos en Siberia	28
Tabla 13. Cantidad de residuos sólidos producidos por el centro de Salud de Siberia	31
Tabla 14. Caracterización correspondiente al centro de Salud de Siberia	32
Tabla 15. Producción de residuos sólidos de la plaza de mercado de Siberia	32
Tabla 16. Producción mensual de residuos por tipo de usuario de Siberia	33
Tabla 17. Producción total de residuos sólidos generados en Siberia mensualmente	34
Tabla 18. Caracterización física de los residuos sólidos producidos de Siberia	35
Tabla 19. Caracterización física de los residuos sólidos producidos en Siberia, frente al promedio Nacional	36
Tabla 20. Número de edificaciones en área urbana de Pescador	37
Tabla 21. Muestras representativas de cada sector productor de Pescador	38
Tabla 22. Cantidad de residuos sólidos producidos por el sector residencial de Pescador	39
Tabla 23. Cantidad de residuos sólidos producidos por el sector comercial de Pescador	40
Tabla 24. Cantidad de residuos sólidos producidos por el sector Institucional de Pescador	41
Tabla 25. Caracterización correspondiente al sector residencial de Pescador	43
Tabla 26. Caracterización correspondiente al sector comercial de Pescador	44
Tabla 27. Caracterización correspondiente al sector institucional de Pescador	45
Tabla 28. Calculo del C.V para cada sector generador de residuos en Pescador	47

Tabla 29. Cantidad de residuos sólidos producidos por el centro de salud de Pescador	50
Tabla 30. Caracterización correspondiente al centro de salud de Pescador	50
Tabla 31. Producción de residuos sólidos de la plaza de mercado de Pescador	51
Tabla 32. Producción mensual de residuos por tipo de usuario de Pescador	52
Tabla 33. Producción total de residuos sólidos generados en Pescador Mensualmente.	52
Tabla 34. Caracterización física de residuos sólidos de Pescador	54
Tabla 35. Caracterización física de los residuos sólidos producidos en Pescador, frente al promedio Nacional	55
Tabla 36. Asignación del nivel de complejidad	56
Tabla 37. Valores típicos de la PPC para municipios Colombianos de acuerdo al NCS	56
Tabla 38. Distribución de la población por resguardos	57
Tabla 39. Caracterización de los residuos municipales de Siberia y Pescador frente al promedio Nacional	60
Tabla 40. Matriz DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas, Amenazas)	62

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Disposición de residuos sólidos municipales a cielo abierto	70
Figura 2. Identificación de los principales botaderos de basura a cielo abierto en los centros Poblados.	71
Figura 3. Botadero de basura a cielo abierto en el centro poblado de Siberia.	72
Figura 4. Ubicación geográfica del municipio de Caldono en Departamento del Cauca	12
Figura 5. Porcentaje de usos del suelo en el Municipio de Caldono.	13
Figura 6. Recolección y rotulación de las muestras.	73
Figura 7. Caracterización de los residuos sólidos.	73
Figura 8. Dispersión de la PPC residencial de Siberia respecto al promedio	29
Figura 9. Dispersión de la PPC comercial de Siberia respecto al promedio	29
Figura 10. Dispersión de la PPC institucional de Siberia respecto al promedio	30
Figura 11. Caracterización física de los residuos sólidos producidos en Siberia, frente al promedio Nacional	36
Figura 12. Dispersión de la PPC residencial de Pescador respecto al promedio	47
Figura 13. Dispersión de la PPC comercial de Pescador respecto al promedio	48
Figura 14. Dispersión de la PPC institucional de Pescador respecto al promedio	48
Figura 15. Caracterización física de los residuos sólidos producidos en Pescador, frente al Promedio Nacional	54
Figura 16. Funcionamiento espacial del municipio de Caldono	58
Figura 17. Producción total mensual de residuos sólidos generados en Siberia y Pescador	59
Figura 18. Jornadas de educación ambiental	74
Figura 19. Posibles sitios para la ubicación del relleno sanitario	65

RESUMEN

El presente informe de pasantía, sobre la participación en el plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS) Municipio de Caldono - Cauca, es el resultado de un esfuerzo conjunto entre la Alcaldía del Municipio de Caldono, la Unidad municipal de Asistencia Técnica y Agropecuaria (UMATA) y los estudiantes de Ingeniería Ambiental de la Universidad del Cauca.

La información presente en el informe proviene principalmente de muestreos realizados directamente en los centros poblados de Siberia y Pescador. Así mismo, se utilizaron datos e información contenida en el Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio (PBOT).

El informe de pasantía tiene como objetivo exponer los resultados obtenidos, referentes al diagnóstico y caracterización general de los residuos sólidos municipales de los centros poblados de Siberia y Pescador. Así mismo como la cuantificación mensual en toneladas de los volúmenes de residuos sólidos producidos a escala residencial, institucional, comercial, especiales y centros de Salud. Datos que fueron utilizados para calcular la producción per cápita (PPC) de dichos centros poblados.

Posteriormente los resultados obtenidos fueron comparados con los valores típicos de la PPC para municipios colombianos y la composición promedio de los residuos municipales de Colombia, teniendo en cuenta que previamente se realizó una verificación estadística del total de muestras recolectadas junto con el coeficiente de variación.

Finalmente, se presentaron los diferentes temas tratados en las jornadas de educación ambiental desarrolladas en los dos centros poblados.

1. GENERALIDADES

En toda aglomeración de personas, desde la vivienda rural aislada hasta los grandes establecimientos industriales, los pequeños pueblos y las ciudades, como consecuencia de sus actividades domésticas, públicas, comerciales e industriales, originan una corriente de residuos que deben ser tratados adecuadamente para evitar la contaminación ambiental.

El manejo de los residuos sólidos municipales (RSM) en América Latina y el Caribe es complejo y a evolucionado paralelamente a la urbanización, al crecimiento económico y a la industrialización. Aunque el problema de los residuos sólidos municipales ha sido identificado desde hace varias décadas, especialmente en las áreas metropolitanas, las soluciones parciales que hasta ahora se han logrado no abarcan a todos los países de la región ni a la mayoría de las ciudades intermedias y menores, convirtiéndose en un tema político permanente que en la mayoría de casos genera conflictos sociales y ambientales.

Por otra parte, la generación y manejo de residuos sólidos especiales, como los residuos hospitalarios y los industriales peligrosos, están afectando en mayor o menor grado la administración de los residuos sólidos municipales. Esta última se ha visto comprometida con la recepción, de cantidades apreciables de desechos nocivos para la salud humana y el ambiente, cuyo manejo tiene características más complejas¹.

En Colombia, cada 24 horas se genera más de 27.700 toneladas de basura, es decir, algo así como el peso de 5.540 elefantes. Cada colombiano produce 0,5 kilogramos de residuos al día.

El 20 por ciento de esas basuras corresponde a Bogotá con aproximadamente 5.500 toneladas diarias. El 10 por ciento corresponde a Medellín, el 7,8 a Cali y el 6,1 a Barranquilla. Los residuos producidos por Bogotá son dispuestos en el relleno sanitario Doña Juana que es la madre de los rellenos sanitarios en Colombia, ubicado en el sur oriente de Bogotá, con una extensión de más de 457 hectáreas. Como este, aunque de menores proporciones, hay 135 rellenos sanitarios en Colombia, la mayoría de ellos con graves problemas de funcionamiento por el deficiente cumplimiento de

¹ GUIDO ACURIO, ANTONIO ROSSIN, diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el caribe. Disponible en [Http://www.iadb.org/sds/doc/ENV107ARossinE.pdf](http://www.iadb.org/sds/doc/ENV107ARossinE.pdf).

especificaciones técnicas y por el impacto que genera en la comunidad circunvecina los olores ofensivos, los gallinazos, y la proliferación de moscas y roedores.

Todo esto, a pesar de que un relleno sanitario es un sistema mediante el cual los residuos se acumulan en espacios con controles ambientales, con sistemas de impermeabilización, controles de gases y lixiviados, drenaje y aguas lluvias, los cuales en su operación deben de ser cubiertos diariamente para evitar la proliferación de olores y vectores que puedan generar enfermedades a la comunidad.

Sin embargo, los rellenos sanitarios son la técnica menos utilizada en Colombia, de los 1.086 municipios del país, sólo 350 disponen los residuos sólidos en rellenos sanitarios, muchos de los cuales son de tipo regional, 42 municipios disponen en sistemas de enterramiento, 565 en botaderos y quemas a cielo abierto, 32 en cuerpos de agua, 5 utilizan sistema de incineración y 44 otros sistemas como lombricultura, compostaje o planta integral de residuos².

Por otra parte en la actualidad existen 230 empresas prestadoras de servicios públicos, de las cuales 63 son dedicadas exclusivamente a la recolección y el aseo; 35 de servicio integral triple A (acueducto, alcantarillado y aseo) y el resto son pequeñas empresas que operan en municipios menores de 2.500 usuarios o ubicadas en áreas rurales localizadas fuera del perímetro urbano, que aun no han conformado como tal una empresa triple A.

Como se puede notar el panorama general de la problemática de los residuos sólidos en Colombia es alarmante debido a que la mayoría de los municipios Colombianos disponen sus residuos sólidos de una manera inadecuada generando diversidad de impactos negativos en el medio ambiente y la sociedad, entre los que se cuentan contaminación de los cursos superficiales y subterráneos de agua por lixiviados contaminados, generación de vectores y enfermedades provocadas por el mal manejo de los residuos sólidos municipales, contaminación atmosférica y problemas paisajísticos.

² Diario el TIEMPO, Ecología. sólo 350 de los 1.086 municipios disponen de rellenos sanitarios, mayo 5 de 2005. Disponible en http://eltiempo.terra.com.co/ecologia/separata/articulo-web-_nota_interior-2059667.html.

2. ANTECEDENTES

El manejo de los residuos sólidos en el país, históricamente, se ha hecho en función de la prestación del servicio de aseo. La preocupación por los residuos generados en los centros urbanos ha partido de las consideraciones de tipo higiénico y sanitario, por lo tanto el problema se abordó desde el momento en que la comunidad presentaba los residuos en la vía pública para que alguien los retirara, y en dicho momento aparece la necesidad de establecer un proceso de recolección, como parte fundamental de un servicio público, sin importar donde irían a parar dichos residuos, o estableciendo como métodos de disposición la descarga al aire libre o a cuerpos de agua sin considerar las externalidades de tipo ambiental, lo cual propicio una cultura hacia la disposición incontrolada.

El primer intento por conocer la situación de los residuos sólidos en el país, lo efectuó el Ministerio de Salud, Dirección de Saneamiento Ambiental, en el año de 1975, la información que se obtuvo sirvió de base para formular el Programa Nacional de Aseo Urbano - PRONASU. El diagnóstico identificó como problemas, muy bajos niveles de coberturas, uso de equipos inadecuados, ausencia de servicio de aseo en centros urbanos menores y zonas periféricas, cobro del servicio como impuesto y no como tarifa, entre otros; Se destacaba que ni un solo centro urbano utilizaba un proceso de disposición final controlado, pero si tenían presencia importante las actividades de recuperación de papel, cartón, vidrio como envase, chatarra y hueso, entre los elementos de mayor mercado.

Posteriormente, se han adelantado, entre otros, los estudios que se citan a continuación y con los cuales se puede ampliar la información al respecto³ :

- Contaminación Industrial en Colombia. Editado en 1994, en su artículo. El estado del Ambiente en Colombia. Realizado por Ernesto Sánchez y Carlos Herrera. Información fue procesada en 1992.
- Bases Técnicas para el Plan del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. del Ministerio de Desarrollo, realizado en 1995

³ MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Política para la gestión Integral de residuos. Santa Fe de Bogotá. 1997.

- Análisis Sectorial de Residuos Sólidos en Colombia (OPS 1995), documento liderado por el Ministerio del Medio Ambiente y que contó con el apoyo de la OPS/OMS y el Banco Mundial, y en el cual se encuentra de manera detallada una presentación de la problemática y manejo de los residuos sólidos por municipios y regiones.

Los fundamentos de la política para la gestión de residuos sólidos en el país están contenidos principalmente en la Constitución Política en los artículos 79, 80 y en el numeral 8 del artículo 95, las leyes 99 de 1993 y 142 de 1994, y reglamentarias a estas normas se emitieron en el Decreto 1713 de 2002, en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos y la Resolución 1045 de septiembre de 2003, del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de los Residuos Sólidos – PGIRS, en nuestro país.

La política tiene dos grandes componentes. El primero relacionado con el saneamiento ambiental como obligación a cargo del Estado, y que se orienta a establecer un marco de acción para las entidades públicas con responsabilidades referentes a la gestión de residuos sólidos, de manera especial a los municipios, involucrando las diferentes estrategias e instrumentos para fortalecer la acción del Estado en esta materia. El segundo se refiere a la vinculación que el sector privado tiene en la generación de residuos.

El alcance de esta política en el sector privado está determinado por la política de producción limpia, en lo referente a la minimización de residuos. En relación con la gestión de los residuos sólidos a cargo de las entidades del Estado, la política comprende los aspectos técnicos, económicos, administrativos, ambientales y sociales, involucrando la prestación del servicio de aseo. En cuanto a los aspectos técnicos, la política involucra líneas de acción en las diferentes etapas que componen la gestión de los residuos sólidos: generación, almacenamiento, recolección, aprovechamiento, tratamiento y disposición final.

Uno de los principales problemas del municipio de Caldoño así como sus demás centros poblados; Siberia, Pescador y Pueblo Nuevo, es la disposición de residuos sólidos, debido a que estos son dispuestos de manera tradicional repitiéndose costumbres tales como: la disposición a cielo abierto (Ver Figura 1. Anexa) y la incineración de residuos inorgánicos,

situación que se agrava por el manejo inadecuado de los residuos peligrosos provenientes de los centros de salud.

Debido a la anterior problemática, desde hace dos años se realizan algunas campañas de reciclaje en los centros poblados y Veredas de: Siberia, Pescador, Pital, Cerro Alto, Pioya, Pueblo Nuevo y Caldono, dichas campañas las realiza la Asociación municipal para el tratamiento de las basuras y manejo del medio ambiente (AMTRESMA), la cual recibe el apoyo económico y logístico por parte de la administración de Caldono; la prestación del servicio de recolección es gratuita. En las jornadas de recolección se acopian residuos sólidos inorgánicos aprovechables como: vidrio, cartón, chatarra y plásticos, en la volqueta del municipio, con una frecuencia de 2 veces por mes.

La asociación esta encargada del barrido de las calles de la cabecera municipal, acción que es adelantada por parte de dos operarios. Además, hace poco tiempo se inicio el manejo de los residuos de la Galería de la cabecera Municipal, en un sitio ubicado dentro del perímetro de Caldono en la vía hacia Pueblo Nuevo. Allí se adecuó una caseta cubierta en plástico con módulos para lombricultura y compost.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Muchas comunidades de América latina y del caribe resuelven el problema de los residuos sólidos como pueden, este es el caso del municipio de Caldon, el cual a lo largo de su historia ha dispuesto sus residuos sólidos en diecisiete (17) botaderos y quemas a cielo abierto (ver figura 2. Anexa), ubicados a lo largo del perímetro de la cabecera municipal y de los corregimientos de Siberia (ver figura 3. Anexa), Pescador y Pueblo Nuevo.

El impacto ambiental negativo se presenta en el siguiente orden decreciente de riesgo: sitios de disposición final, sitios de almacenamiento temporal y en el proceso de recolección y transporte. Este impacto está relacionado con la contaminación de los recursos hídricos, aire, suelo, y del paisaje. Pero quizás el impacto más significativo se presente en los recursos hídricos y suelo. Debido a que los botaderos se encuentran ubicados cerca de fuentes de agua superficiales (*Quebrada Chindaco y Juanambu*) susceptibles a ser contaminadas, al igual que el suelo, por lixiviados producto de la descomposición de la materia orgánica.

Otro impacto de menor importancia pero no menos significativo, es el producido por la incineración de los residuos sólidos inorgánicos en forma local sin ningún control sobre las emisiones atmosféricas.

Sumado a lo anterior, el municipio de Caldon no cuenta con un adecuado manejo de los residuos peligrosos provenientes de los centros de salud y del hospital. En el caso de la cabecera municipal estos son dispuestos de forma artesanal en una fosa para luego ser cubiertos por una capa de tierra en una finca aledaña al centro asistencial, sin tener en cuenta ninguna norma técnica que rige este tipo de disposición.

La problemática de los residuos sólidos en el municipio de Caldon obedece a múltiples factores entre los que se cuentan:

- Falta de planificación municipal, ya que no existen a largo plazo planes operativos, financieros ni ambientales en relación con el manejo de los residuos sólidos.

- Debilidad institucional. En el municipio no se reconoce como sector formal los residuos sólidos, por lo tanto, no ha contado hasta ahora con el desarrollo ni el protagonismo necesarios para que el manejo de los residuos sólidos tenga prioridad.
- La participación comunitaria en el manejo de los residuos sólidos es débil porque se considera que el problema compete únicamente a la administración municipal.
- Falta de conciencia y cultura ciudadana sobre el manejo de los residuos sólidos, sin tener en cuenta el impacto en el ambiente, a pesar de la creciente sensibilización.
- No existe un sitio de disposición final, que cumpla las especificaciones técnicas requeridas. Así como tampoco una empresa que ofrezca a la comunidad un servicio de recolección y transporte que cubran las necesidades existentes en el municipio.
- Manejo de residuos especiales y peligrosos. Estos generalmente son dispuestos de forma artesanal ó son mezclados con los residuos sólidos municipales.
- Incineración y compostaje. La incineración se ha convertido en la alternativa más práctica para los habitantes del municipio para eliminar desechos inorgánicos. En cambio, el proceso de compostaje se efectúa a nivel domiciliario y por parte de la cooperativa AMTRESMA, sin que existan estudios de factibilidad, incluidos el de mercadeo y comercialización.
- Reciclaje. El municipio no cuenta con un programa de reciclaje.
- Recolección con equipo. El municipio no cuenta con un vehículo recolector.
- Barrido. En la actualidad la cabecera municipal es el único centro poblado en el cual se efectúa un barrido manual de las calles, los demás centros poblados como Siberia y Pescador no cuentan con este servicio público.

Debido a la anterior problemática y en virtud de dar cumplimiento al Decreto 1713 de 2002, en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos, el municipio de Caldono optó por la elaboración del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS, documento que servirá de línea base para

formular proyectos que permita dar solución a la problemática de los residuos sólidos en el municipio de Caldoño.

4. JUSTIFICACIÓN

Dentro de la amplia gama de temas que guardan relación con la problemática ambiental y que en los últimos años ha tomado fuerza en los programas de protección del medio ambiente a escala mundial y en Colombia, se encuentra la gestión de los residuos sólidos. Esta gestión integrada es el término aplicado a todas las actividades asociadas con el manejo de los residuos dentro de la sociedad y su meta básica es administrar los residuos de tal forma que sean compatibles con el ambiente y la salud pública.

La Política Ambiental Nacional contempla la implantación de la gestión integrada de residuos sólidos, no peligrosos y peligrosos, que como tal consta de una gran variedad de elementos, acciones y prácticas administrativas, que se complementan entre sí y que permiten manejar con seguridad y eficiencia los diversos flujos que componen los residuos sólidos. Un sistema de gestión integrada debe reducir los impactos negativos sobre la salud humana y el ambiente, así como promover la valorización y aprovechamiento de los residuos⁴.

Con el objetivo de darle solución a la problemática ambiental de la gestión integral de residuos sólidos, para evitar las diferentes consecuencias negativas al ambiente, y de esta forma asegurar, en el marco del desarrollo sostenible un ambiente limpio y sano, así como evitar las diferentes sanciones de tipo administrativo, económico o legal, el municipio de Caldoño, conformó, el comité coordinador y el comité técnico del PGIRS. Integrado por el Secretario de Planeación del Municipio de Caldoño, el director de la UMATA y algunos miembros de la cooperativa AMTRESMA.

Además, el Municipio de Caldoño solicitó a la Universidad del Cauca el acompañamiento en la elaboración de este plan; en respuesta a ello la Universidad del Cauca y la Facultad de Ingeniería Civil brindaron la oportunidad de pasantía a dos estudiantes del programa de Ingeniería Ambiental que complementaron el grupo técnico de trabajo(ver carta de aceptación. Anexa). Los estudiantes tendrían como objetivo brindar

⁴ ALCALDÍA MUNICIPAL DE SANTIAGO DE CALI. Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS. Santiago de Cali. 2004 – 2019.

orientaciones de tipo general, ayudar en el diagnóstico integral de residuos sólidos y análisis brecha, formulación y evaluación de alternativas, y estructuración del plan.

Este tipo de experiencias interinstitucionales contribuyó a fortalecer los lazos entre la Universidad del Cauca y demás entes territoriales, lo cual permite que en el futuro exista más trabajos de este tipo. Que promuevan el desarrollo del Departamento del Cauca.

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar en asocio con alcaldía del Municipio de Caldoño las actividades referentes al diagnóstico y caracterización general de los Residuos Sólidos Municipales (RSM) de los centros poblados de Siberia y Pescador.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las diferentes actividades y patrones de consumo que determinan la producción de RSM.
- Cuantificar los volúmenes de residuos sólidos producidos a escala residencial, institucional, comercial, especiales y centros de salud.
- Encontrar la producción per cápita (PPC) de los centros poblados de Siberia y Pescador.
- Clasificar de manera Cualitativa y Cuantitativa, los residuos sólidos Municipales, de acuerdo a Reglamento de agua Potable y Saneamiento Básico (RAS).
- Participar en la recomendación de una o varias alternativas de disposición final para los residuos sólidos municipales.
- Desarrollar una jornada de educación ambiental, concerniente al manejo adecuado y aprovechamiento de los RSM.

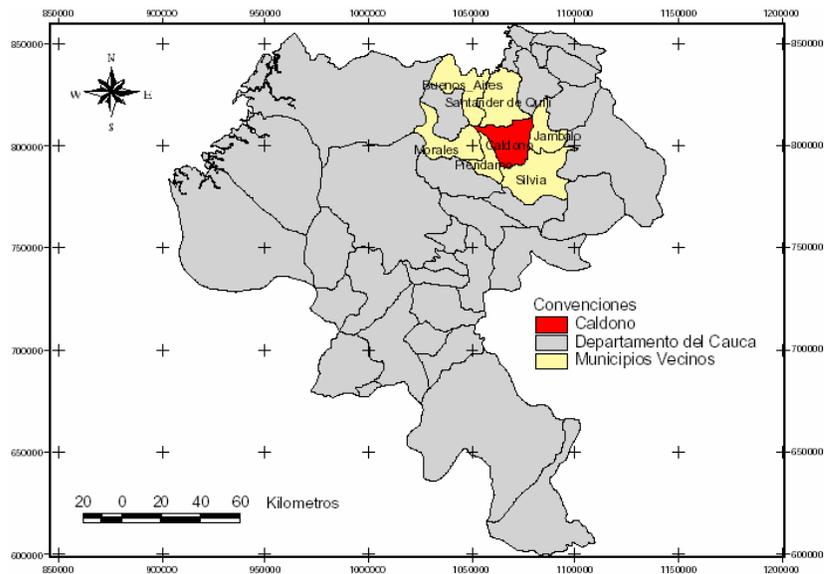
6. DESCRIPCIÓN DEL MUNICIPIO DE CALDONO

6.1 LOCALIZACIÓN

El municipio de Caldono se encuentra ubicado en la zona Andina en la vertiente occidental de la cordillera central y en el sector oriental del departamento del Cauca. Su área es de 373.98 Km², según el IGAC; limita por el Este con el municipio de Jambaló, Oeste con Morales y Piendamó, el Sur con Silvia y por el Norte con Santander de Quilichao y Buenos Aires (Figura 4). Se encuentra entre los 2°41'51" y 2°55'10" de latitud norte y entre los 76°21'37" y los 76°37'50" de longitud oeste; el clima va de templado húmedo a páramo, presenta un rango de precipitación anual entre los 1.400 y 2.000 mm; el rango altitudinal varía entre 1150 y 3200 m sobre el nivel del mar, desde la desembocadura del río Pescador en el río Ovejas, hasta la cima del cerro Cresta de Gallo.

Su cabecera municipal, Caldono está ubicada a los 2°47'59" de latitud norte y 76°32'25" de longitud oeste, tiene una temperatura media de 18° C y dista 67 kilómetros de Popayán⁵.

Figura 4. Ubicación geográfica del municipio de Caldono en Departamento del Cauca



Fuente. Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Caldono – Cauca

⁵ Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Caldono - Cauca

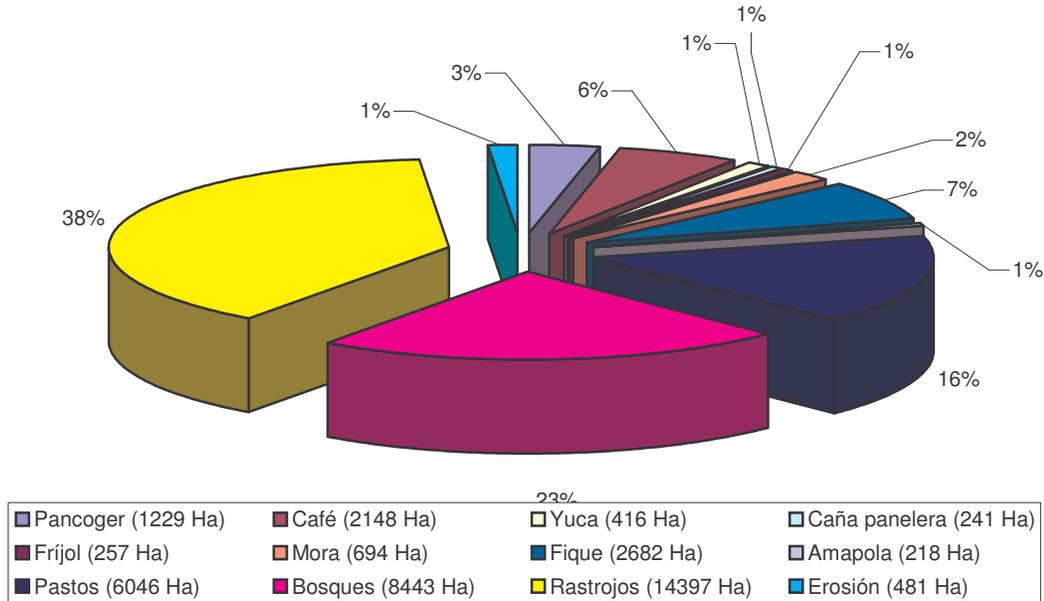
6.2 ECONOMÍA

Las principales actividades económicas del municipio de Caldono son primarias, entre las que se cuentan la agrícola, pecuaria y la minera (ladrillo). La producción agropecuaria del municipio se basa en los cultivos de fique, café, productos de pancoger, mora, yuca, frijol y caña panelera principalmente, existen áreas dedicadas al cultivo de la amapola con tendencia al crecimiento, la producción pecuaria se basa en la cría de ganado bovino, porcino, avicultura y piscicultura. La actividad agroindustrial se basa principalmente en la obtención de fibra de fique, extracción de almidón de yuca y producción de lácteos.

Es importante aclarar que el municipio de Caldono no cuenta con ningún tipo de actividad industrial, a excepción de la producción de ladrillo.

En la figura 5, se puede observar el porcentaje de uso del suelo relacionado con las principales actividades económicas.

Figura 5. Porcentaje de usos del suelo en el Municipio de Caldono



Fuente: Concepto de impacto ambiental de los sistemas de producción en el municipio de Caldono.

6.3 SERVICIOS BÁSICOS

En cuanto a servicios públicos como: agua potable, alcantarillado, alumbrado público y aseo, se cuenta con un cubrimiento parcial en el municipio. Solamente la cabecera municipal y Cerro Alto, cuentan con acueducto y su respectiva planta de tratamiento de agua potable, en las demás veredas y centros poblados existen 42 sistemas de abastecimiento colectivo multifamiliar y veredal o interveredal con captación al interior del municipio y seis con captación en las afueras del este, los acueductos presentan deficiencia en el suministro y sostenibilidad del servicio. La cobertura es del 50% del territorio, lo que significa que el 50% de las familias del municipio no cuentan con suministro de agua, pero toman el agua de otras fuentes como pozos o quebradas.

Paralelamente, el alcantarillado del sector rural es precario, ya que las viviendas cuentan con “pozos sépticos” para disponer sus aguas negras; en los principales asentamientos humanos se carece de un adecuado manejo de excretas, lo que genera problemas sanitarios.

El servicio de energía en el municipio lo presta la empresa Centrales Eléctricas del Cauca CEDELCA S.A. En la población existe una subestación que alimenta a parte del municipio de Caldon, el servicio de energía eléctrica en la parte urbana tiene una cobertura del 100%, en el sector rural se requiere fortalecer la cobertura por cuanto el servicio deja de prestarse a un porcentaje relativamente importante de la población, que en conjunto suman una deficiencia de cobertura de aproximadamente el 50%.

En la actualidad en el municipio de Caldon no existe el servicio de recolección de residuos sólidos ni la prestación del servicio de aseo, debido a que el municipio no cuenta con proceso descentralizado para la prestación de este servicio ó con una empresa legalmente constituida.

6.4 DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN

En la actualidad, según proyecciones del DANE, el municipio cuenta con 32.859 habitantes, de los cuales el 9.51% vive en los centros poblados y el restante 90.45% viven en zonas rurales. Históricamente los registros de población muestran el siguiente comportamiento (ver tabla 1):

Tabla 1. Población urbana y rural del municipio de Caldono

CENSOS	POBLACIÓN URBANA (CABECERA Y CENTROS POBLADOS)	PORCENTAJE (%)	POBLACIÓN RURAL	PORCENTAJE (%)	TOTAL
1938					10272
1951					11469
1964	1309	7.17	16987	92.83	18264
1973	1212	7.16	15710	92.84	16922
1985	1028	6.09	15854	93.91	16882
1993	1197	4.40	25985	95.60	27182
2003**					32282
2004*	3126	9.51	29733	90.49	32859

Fuente: censos DANE. * Datos de proyección DANE. ** DATOS DEL SISBEN

Según datos del SISBEN, para el 2005 el municipio de Caldono contará con aproximadamente 5.600 habitantes en la zona urbana de los cuatro centros poblados, distribuidos como muestra la tabla 2.

Tabla 2. Distribución de la población urbana en los cuatro centros poblados.

CENTROS POBLADOS	POBLACIÓN URBANA(HAB)
Caldono	1995
Siberia	1250
Pescador	1320
Pueblo Nuevo	1150

Fuente: DATOS DEL SISBEN

7. METODOLOGÍA

7.1 INVENTARIO DE SECTORES GENERADORES DE RESIDUOS SÓLIDOS

Con el propósito de determinar los sectores generadores de residuos sólidos se cuantificaron: el número de viviendas pertenecientes a cada estrato socioeconómico, así como los centros comerciales, establecimientos institucionales y especiales, del respectivo centro poblado en estudio. Siberia y Pescador.

7.2 CÁLCULO DEL NÚMERO DE MUESTRAS REPRESENTATIVAS

Después de elaborar el inventario de los diferentes sectores generadores de residuos sólidos municipales, se determinó el número de muestras representativas de cada sector. La referencia para estos datos indica que debe estar entre 15 – 20% de cada sector generador de residuos sólidos, rango que es recomendado por el Ingeniero Napoleón Zambrano para poblaciones menores de 5000 habitantes.

7.3 MUESTREO

Con el fin de calcular los volúmenes de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos producidos en el sector residencial, comercial e institucional, se distribuyeron dos (2) bolsas de basura al azar (una bolsa para residuos orgánicos y la otra para residuos inorgánicos) a las muestras representativas de cada sector, para que los residuos sólidos fueran recolectados por un periodo de 5 a 6 días.

Es necesario aclarar que para la recolección y almacenamiento se realizó una capacitación rápida a las unidades de muestreo en la diferenciación entre residuos orgánicos e inorgánicos.

Pasado el periodo de muestreo se procedió a la recolección de las muestras, las cuales fueron rotuladas con una cinta blanca, para distinguir entre

residuos orgánicos e inorgánicos así como el ente generador, enseguida fueron pesadas in situ (Ver Figura 6. Anexa).

Adicionalmente se obtuvo el número de habitantes de cada vivienda, en el caso de las muestras residenciales por medio de una entrevista. Para los demás sectores generadores no es necesario conocer el número de habitantes.

Finalmente los residuos orgánicos e inorgánicos fueron clasificados y pesados de acuerdo a la composición física de la Norma RAS 2000 Sistema de aseo, como muestra la siguiente tabla. (Ver Figura 7. Anexa).

Tabla 3. Esquema de clasificación según la composición física

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

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

7.4 VERIFICACIÓN ESTADÍSTICA DEL TOTAL DE MUESTRAS RECOLECTADAS

Para comprobar que el número total de muestras recolectadas, sí es una muestra representativa de cada centro poblado, se utiliza la ecuación 1, la cual dará el tamaño de la muestra, teniendo en cuenta un 95% de confiabilidad⁶.

$$n = \frac{Zc^2 * Sx^2 * N}{(N - 1) * e^2 + Zc^2 * Sx^2}, (\text{Collazos}) \text{ Ecuación 1.}$$

Donde:

n: Tamaño de la muestra
Zc: Nivel de confianza
Sx : Desviación estándar
N: Tamaño de la población
e: Error en la medida

7.5 CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN (C.V)

El coeficiente de variación, dado por la ecuación 2, permite comparar la dispersión de los datos en torno a la media aritmética y la desviación estándar. El coeficiente de variación se expresa en términos porcentuales; a menor porcentaje (< 5%) de variación relativa, más homogénea es la muestra (presenta menos dispersión alrededor de la media). A mayor porcentaje (>>5%) de variación relativa, más heterogénea es la muestra⁷.

$$C.V = \frac{S_x}{\bar{X}} * 100\% \text{ Ecuación 2.}$$

⁶ MEJIA ARIAS, Marcos. Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios del distrito de Santa Anita, Lima Perú, Junio 2004. disponible en; <http://www.monografias.com/trabajo16/residuos-solidos/residuos-solidos.shtml>

⁷ LONDOÑO Nelson, GUARIN Hugo. Dimensión Matemática 10. Editorial Norma, Pág. 255. 1995.

Donde:

C.V : Coeficiente de variación

Sx : Desviación estándar

X : Media aritmética (Promedio)

7.6 CALCULO DE LA PRODUCCIÓN MENSUAL DE RESIDUOS SÓLIDOS POR TIPO DE USUARIO.

- Para calcular la producción mensual de residuos sólidos para el sector residencial se utiliza la ecuación 3.
- Para calcular la producción mensual de residuos sólidos para el sector comercial, centro de salud e institucional se utiliza la ecuación 4.

$$Pm = \frac{PPC_{promedio} \times 30días \times No..Hab}{No.Edificaciones..domiciliares} \text{ Ecuación 3.}$$

$$Pm = PPC_{promedio} \times 30días \text{ Ecuación 4.}$$

Donde:

Pm: Producción mensual de residuos sólidos

PPC_{promedio} : Producción per capita promedio

No Hab: Numero de habitantes de la zona urbana de la respectiva población.

7.7 CALCULO DE LA PPC GENERAL

Para calcular la PPC de cada centro poblado, se utilizo la ecuación 5.

$$PPC = \frac{RST * 1000}{No.Hab * 30días} . \text{ Ecuación 5,}$$

Donde:

RST: Producción total de residuos sólidos generados mensualmente

No Hab: Numero de habitantes de la zona urbana de la respectiva población.

8. RESULTADOS DEL CENTRO POBLADO DE SIBERIA

Los resultados obtenidos son fruto de la recolección de información en el centro poblado de Siberia, así como trabajo de campo y trabajo de oficina.

8.1 INVENTARIO DE SECTORES GENERADORES DE RESIDUOS SÓLIDOS

En el centro poblado de Siberia se identificaron 2 sectores generadores de residuos sólidos, domiciliarios y medianos productores. Entre los medianos productores se cuentan: comerciales, oficiales, especiales y centro de salud, información que se describe en la tabla 4.

Tabla 4. Número de edificaciones en área urbana de Siberia

SECTORES	TIPO DE EDIFICACIÓN	NÚMERO DE EDIFICACIONES
Residencial	Domiciliarios	124
Medianos productores	Comerciales	82
	Oficiales	6
	Especiales *	2
	Centro de Salud	1
	Total	215

* (Plaza mercado y matadero)

Es preciso aclarar que el centro poblado de Siberia no tiene estratificación socioeconómica.

8.2 CALCULO DEL NUMERO DE MUESTRAS REPRESENTATIVAS DE CADA SECTOR

Para el cálculo de las muestras representativas de cada sector generador de residuos sólidos, se tomó el 20% de cada sector generador. El número de muestras representativas es igual al número de bolsas entregadas en el muestreo. (Ver tabla 5)

Tabla 5. Muestras representativas de cada sector productor de Siberia

SECTORES	TIPO DE EDIFICACIÓN	NÚMERO DE EDIFICACIONES	MUESTRA REPRESENTATIVA	MUESTRAS RECOLECTADAS
Residencial	Domiciliares	124	25	26
Medianos productores	Comerciales	82	17	17
	Oficiales	6	2	4
	Especiales *	2	2	2
	Centro de Salud	1	1	1
	Total	215	45	50

* (Plaza mercado y matadero)

Como se puede observar en la tabla 5, la población estuvo dispuesta para la realización del muestreo, ya que el número de muestras representativas es igual al número de muestras recolectadas.

En el caso del sector residencial, las muestras recolectadas exceden en una unidad a las muestras representativas, debido a que siempre se entregó una (1) ó dos (2) bolsas más a diferentes usuarios para garantizar la recolección de todas las muestras necesarias para el estudio.

8.3 DATOS DE CAMPO

8.3.1 Sector Residencial

Para obtener la producción per cápita de cada vivienda se dividió la cantidad de residuos sólidos producidos por cada vivienda entre el número de habitantes y el periodo de recolección, arrojando los siguientes resultados mostrados en la tabla 6.

Tabla 6. Cantidad de residuos sólidos producidos por el sector residencial de Siberia

VIVIENDAS	NÚMERO DE HABITANTES	RESIDUOS (KG)		TOTAL (KG)	PERIODO (DÍAS)	PPC (KG/HAB-DIA)
		Orgánicos	Inorgánicos			
1	4	0	0,7	0,7	5	0,04
2	2	0	0,1	0,1	5	0,01
3	2	0	2,8	2,8	5	0,28
4	3	3,5	0	3,5	5	0,23
5	4	1,2	0,9	2,1	5	0,11
6	3	4	1,1	5,1	5	0,34
7	12	0	5,7	5,7	5	0,10
8	4	0	1,9	1,9	5	0,10
9	4	4,5	2,5	7	5	0,35
10	3	0	1	1	5	0,07
11	3	0,2	0	0,2	5	0,01
12	7	16	1	17	5	0,49
13	2	7,9	0	7,9	5	0,79
14	4	9	3	12	5	0,60
15	4	11	0	11	5	0,55
16	3	11	0,5	11,5	5	0,77
17	4	3,2	0,52	3,72	5	0,19
18	3	4,6	0,5	5,1	5	0,34
19	3	0	0,3	0,3	5	0,02
20	2	0	1,4	1,4	5	0,14
21	3	0	1,6	1,6	5	0,11
22	2	2,5	0,2	2,7	5	0,27
23	3	0,2	1	1,2	1	0,40
24	2	1,4	0,1	1,5	5	0,15
25	4	3	0,8	3,8	5	0,19
26	3	0	0,45	0,45	5	0,03
TOTAL	98	83,2	28,07	111,9	PPC _{Promedio}	0.26
					Desviación	0.23

8.3.2 Sector Comercial

Para calcular la producción per cápita de cada establecimiento comercial se dividió la cantidad de residuos sólidos generados, sobre el periodo de recolección.

La PPC del sector comercial tiene un valor alto debido a que muchos establecimientos comerciales funcionan a su vez como residencias, por ende, a los residuos sólidos generados por el establecimiento se suman los generados por la familia en su actividad diaria, como se puede observar en la tabla 7.

Tabla 7. Cantidad de residuos sólidos producidos por el sector comercial de Siberia

CANTIDAD	ACTIVIDAD ECONÓMICA	TOTAL (KG.)	PERIODO (DÍAS)	PPC (KG/COMERCIO-DIA)
1	Tienda	2,4	2	1,2
2	Ferretería	1,2	1	1,2
3	Tienda	3,4	5	0,68
4	Miscelánea	2,6	5	0,52
5	Tienda	0,1	2	0,05
6	Comcel	0,4	5	0,08
7	Tienda	1	1	1
8	Tienda	5,7	5	1,14
9	Panadería	2	4	0,5
10	Tienda	9,6	4	2,4
11	Restaurante	17	1	17
12	Almacén	2,2	5	0,44
13	Farmacia	2	5	0,4
14	Tienda	12,6	5	2,52
15	Sastrería	2	5	0,4
16	Tienda	0,3	5	0,06
17	Transporte	1,8	5	0,36
	TOTAL	66.3	<u>PPC_{Promedio}</u>	1,76
			<u>Desviación</u>	3.99

8.3.3 Sector Institucional

Para calcular la producción per cápita de cada Institución se dividió la cantidad de residuos sólidos generados en el tiempo de muestreo, sobre el periodo de recolección. Los resultados concernientes se pueden apreciar en la tabla 8.

Tabla 8. Cantidad de residuos sólidos producidos por el sector institucional de Siberia

CANTIDAD	INSTITUCIONES	TOTAL (KG.)	PERIODO (DÍAS)	PPC (KG/INSTITUCION-DIA)
1	Colegio	4,8	2	2,4
2	Cursos SENA	1,3	3	0,43
3	Policía	7,5	5	1,5
4	Iglesia	8	5	1,6
	TOTAL	21.6	PPC _{Promedio}	1.48
			<u>Desviación</u>	0.81

8.4 CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS SEGÚN LA NORMA RAS

La Caracterización de los Residuos Sólidos del centro poblado de Siberia se elaboró de acuerdo al Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000, sección de aseo.

8.4.1 Sector Residencial

Como se puede advertir en la tabla 9, el mayor porcentaje de los residuos generados por el sector residencial lo componen los residuos sólidos orgánicos, lo cual indica que los productos consumidos en la zona, son productos primarios.

Es preciso aclarar que la sumatoria de la caracterización (110,15) no corresponde con la sumatoria de los datos de campo (111.9), esta diferencia se debe a que en el proceso de caracterización hubo una pérdida de material, debido al inconveniente que estos presentaban al momento de la caracterización. El principal problema se hallaba en el tamaño de las últimas muestras, las cuales eran demasiado pequeñas y quedaban sobre la zona de recolección, además que muchas de las muestras contenían elementos como arenas que generan mayor peso y no se clasifican.

Tabla 9. Caracterización correspondiente al sector residencial de Siberia

TIPO DE RESIDUO SÓLIDO	PESO (KG)	PORCENTAJE (%)
Desecho de alimentos	83,2	75,53
Papel	1,9	1,72
Cartón	0,7	0,64
Plástico	6,6	5,99
Caucho y Cuero	0	0,00
Vidrio	1,75	1,59
Textil	0,6	0,54
Madera	0	0,00
Producto metálico	0,9	0,82
Cerámica, Escombros y Roca	0	0,00
Huesos	0	0,00
Otros	14,5	13,16
TOTAL	110,15	100,00

8.4.2 Sector Comercial

En el sector comercial de Siberia el mayor porcentaje de los residuos sólidos lo componen: el papel, cartón, plástico y vidrio hecho que se evidencia en tabla 10. Este porcentaje se debe al gran número de establecimientos comerciales de dicho centro poblado, los cuales en su gran mayoría son tiendas y graneros.

Los residuos generados por este tipo de establecimientos se caracterizan por ser en su mayoría empaques y envolturas de plástico, papel, cartón y vidrio de los productos ofertados.

Tabla 10. Caracterización correspondiente al sector comercial de Siberia

TIPO DE RESIDUO SÓLIDO	PESO (KG)	PORCENTAJE (%)
Desecho de alimentos	12,1	18,25
Papel	8,4	12,67
Cartón	11,4	17,19
Plástico	16,6	25,04
Caucho y Cuero	0	0,00
Vidrio	4,7	7,09
Textil	2,1	3,17
Madera	0	0,00
Producto metálico	0,6	0,90
Cerámica, Escombros y Roca	0	0,00
Huesos	0	0,00
Otros	10,4	15,69
Total	66,3	100,00

8.4.3 Sector Institucional

Como se puede apreciar en la tabla 11, el mayor porcentaje de los residuos generados en el sector institucional de Siberia lo compone el plástico, papel y vidrio, desechos característicos de instituciones educativas y oficiales.

Tabla 11. Caracterización correspondiente al sector institucional de Siberia

TIPO DE RESIDUO SÓLIDO	PESO (KG)	PORCENTAJE (%)
Desecho de alimentos	3,4	15,74
Papel	5,1	23,61
Cartón	2	9,26
Plástico	5,5	25,46
Caucho y Cuero	0	0,00
Vidrio	3,7	17,13
Textil	0	0,00
Madera	0	0,00
Producto metálico	0,6	2,78
Cerámica, Escombros y Roca	0	0,00
Huesos	0	0,00
Otros	1,3	6,02
Total	21,6	100,00

8.5 VERIFICACIÓN ESTADÍSTICA DEL TOTAL DE MUESTRAS RECOLECTADAS

Utilizando la Ecuación 1, se verificó y chequeó el número total de muestras representativas del centro poblado de Siberia, teniendo en cuenta que la desviación estándar en Colombia es de 0.20⁸ para poblaciones menores de 5000 habitantes, así como un 95 % de confiabilidad en el muestreo y un error en la medida de 0.065⁹ (kg /hab – día). Para el caso en estudio se obtuvieron los siguientes resultados:

Ejemplo Tipo.

Zc: 95 % de confiabilidad (Zc = 1.96¹⁰)
Sx : 0.20 kg/(hab-día)
N: 1250 hab.
e: 0.065 Kg./(hab-día)

$$n = \frac{(1.96)^2 * (0.20 \text{ Kg / hab * dia})^2 * 1250 \text{ hab}}{(1250 - 1) \text{ hab} * (0.065 \text{ kg / hab * dia})^2 + (1.96)^2 * (0.20 \text{ Kg / hab * dia})^2} = 35.36 \approx 36$$

⁸ MEJIA ARIAS, Marcos. Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios del distrito de Santa Anita, Lima Perú, junio 2004. disponible en; <http://www.monografias.com/trabajo16/residuos-solidos/residuos-solidos.shtml>

Obtención de la varianza poblacional (σ^2)

Cuando una población es más homogénea la varianza es menor y el número de muestras necesaria para construir un modelo reducido del universo, o de la población, será más pequeño. Generalmente es un valor desconocido y hay que estimarlo a partir de estudios previos. En Colombia se estima que debe estar entre 0.04 y 0.25 Kg/ hab-día.

⁹ Ídem

Obtención del Error Muestral de Estimación o Standard (E)

El porcentaje de error recomendado es del 6.5%, ya que nos presenta mayor confiabilidad en los datos, no es recomendable un mayor margen de error, ya que nos dará una muestra muy pequeña con respecto a la población, no será representativa.

¹⁰ Ídem

Obtención del nivel de confianza

El estudio tomará un intervalo de confianza del 95%, lo cual significa que si el estudio es repetido los datos hallados será 95% iguales a los obtenidos en este estudio. Este valor es más utilizado lo cual permite usar como coeficiente de confianza **Z= 1.96**, que corresponde a la abscisa de la distribución normal, estándar asociada a la probabilidad centrada igual a 0.95.

Como se puede observar el número de muestras representativas para el centro poblado de Siberia teóricamente fue de 36 unidades, Pero en la realidad en dicho centro poblado se recolectaron 50 unidades en el muestreo, lo que permitió tener mayor confiabilidad en los datos recolectados y disminuir errores en la medida.

8.6 CALCULO DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN (C.V.)

El Coeficiente de Variación se obtuvo utilizando la ecuación 2, así como los datos de las tablas 6, 7 y 8 en las cuales se da la PPC promedio y la desviación estándar para cada sector productor de residuos sólidos del centro poblado de Siberia.

Como se puede apreciar en la tabla 12, las muestras recolectadas en el centro poblado de Siberia son muy heterogéneas, Debido a que el coeficiente de variación es muy superior al 5 %. Este hecho se evidencia en las figuras 8,9 y 10 donde se muestra la dispersión de la PPC para cada sector generador de residuos sólidos respecto al promedio.

Tabla 12. Calculo del C.V. para cada sector generador de residuos en Siberia.

SECTOR	PPC_{PROMEDIO}	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	C.V. (%)
Residencial	0.26	0.23	88
Comercial	1,76	3.99	226
Institucional	1.48	0.81	54

Figura 8. Dispersión de la PPC residencial de Siberia respecto al promedio

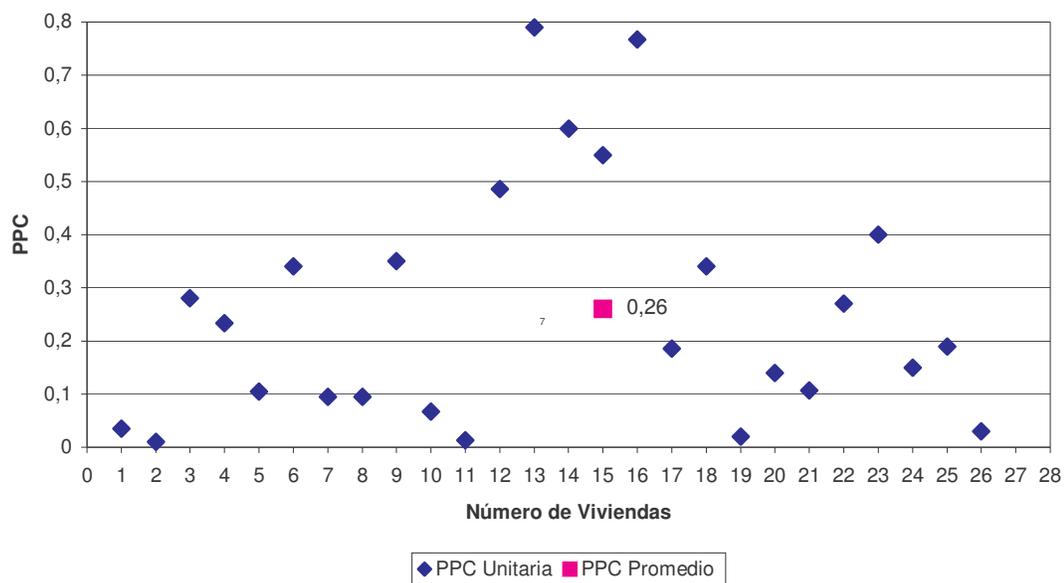


Figura 9. Dispersión de la PPC comercial de Siberia respecto al promedio

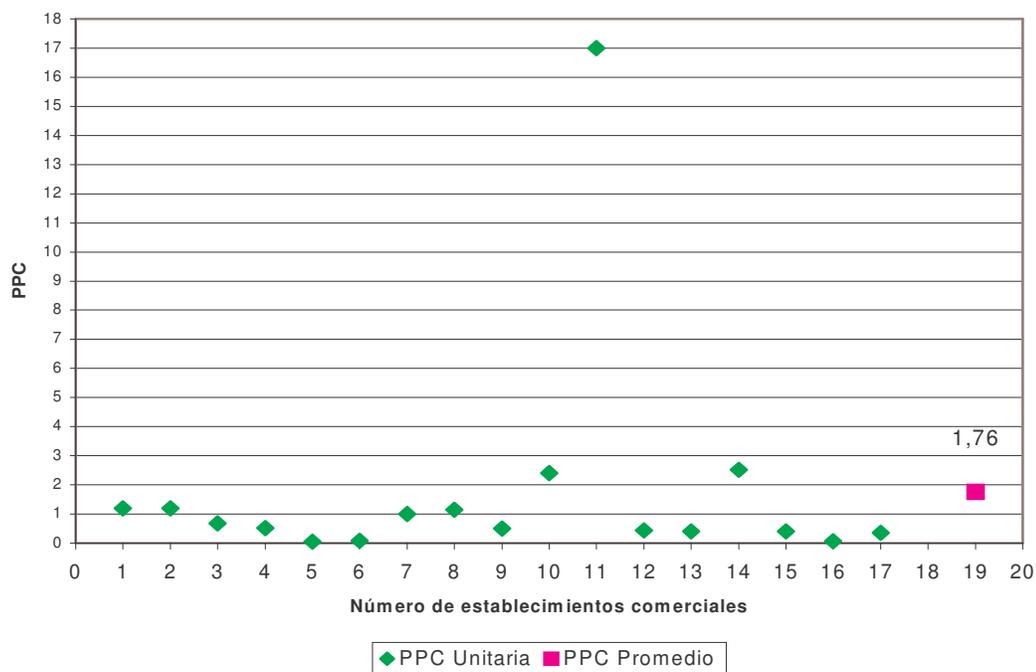
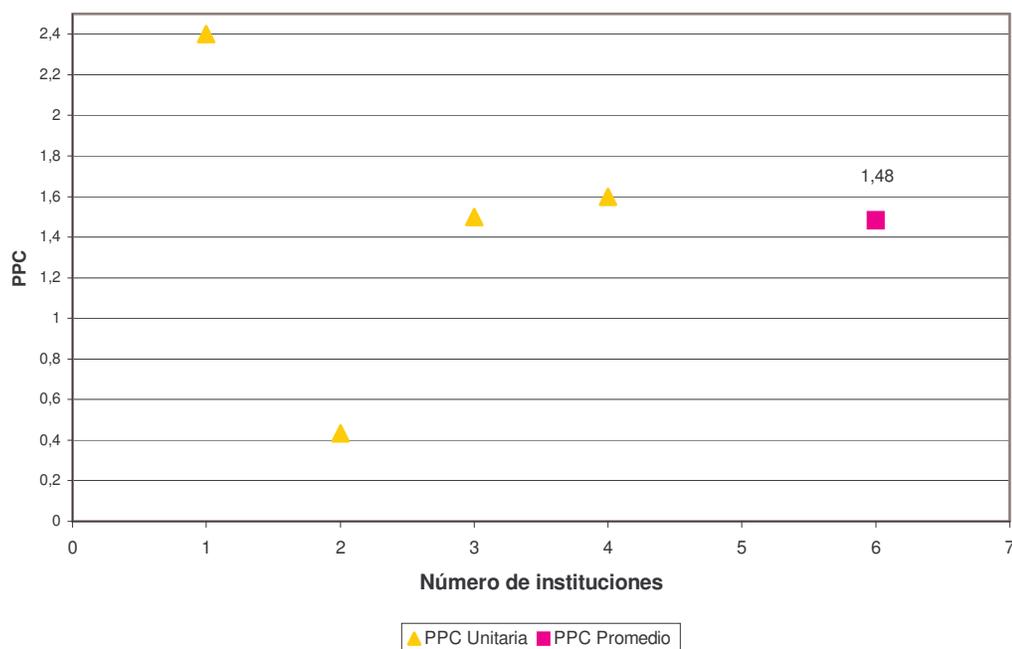


Figura 10. Dispersión de la PPC institucional de Siberia respecto al promedio



Una posible causa de la heterogeneidad de las muestras es quizás el error introducido por cada unidad muestral en el periodo de recolección, como es el caso del sector residencial, donde muchas de las viviendas seleccionadas no recogieron los residuos orgánicos fundamentando que ellos lo utilizaban como abono orgánico en sus parcelas.

En el caso del sector comercial la heterogeneidad de las muestras se debe, a los diferentes volúmenes de producción de cada unidad muestral, ya que cada establecimiento comercial tiene diferentes volúmenes de ventas y comercialización de productos, lo que a su vez influye directamente en la producción de residuos sólidos, como es el caso del restaurante, que por ser el único existente en el pueblo genera gran cantidad de residuos sólidos.

Una situación similar se presenta en el sector institucional, donde el mayor generador de residuos sólidos es el colegio, en comparación con los demás establecimientos institucionales.

8.7 PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL CENTRO DE SALUD

El centro poblado de Siberia cuenta un *centro de salud* el cuál presta los servicios de consulta médica y odontológica, atención de enfermería y programas de vacunación. Este es un generador de residuos sólidos peligrosos e infectocontagiosos.

La PPC del centro de salud es pequeña como se puede apreciar en la tabla 13, debido a que este es una unidad de salud pequeña, en comparación con el Hospital Nivel I de la cabecera municipal, en donde la PPC es de 11Kg/día¹¹.

Además los servicios prestados no cubren las necesidades totales de la población, la cual se ve obligada a trasladarse a los centros urbanos mas cercanos en situaciones de emergencia.

Tabla 13. Cantidad de residuos sólidos producidos por el centro de Salud de Siberia

INSTITUCIÓN	RESIDUOS ORGÁNICOS (KG)	RESIDUOS INORGÁNICOS (KG)	TOTAL (KG)	PERIODO (DÍAS)	PPC (KG/INSTITUCION-DIA)
Centro de Salud	0	2.5	2.5	1	2.5

En la anterior tabla se puede advertir que en el centro de salud de Siberia no hay producción de residuos orgánicos patológicos debido a que el centro asistencial solo presta servicios de consulta médica. Hecho que se ve evidenciado en la caracterización de los residuos del puesto de salud (ver tabla 14) en donde el mayor porcentaje lo conforman: caucho, papel y otros.

¹¹ CERÓN Ronald, Informe de pasantía en el municipio de Caldoño dentro del PGIRS, centro poblado de Caldoño. 2006

Tabla 14. Caracterización correspondiente al centro de Salud de Siberia

TIPO DE RESIDUO SÓLIDO	PESO (KG)	PORCENTAJE (%)
Desecho de alimentos	0	0
Papel	0.7	28
Cartón	0	0
Plástico	0	0
Caucho y cuero (guantes quirúrgicos)	0.8	32
Vidrio	0	0
Textil	0	0
Madera	0	0
Producto metálico	0	0
Cerámica, escombros y roca	0	0
Huesos	0	0
Otros (gasa, jeringas, algodón)	1	40
Total	2.5	100

8.8 PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA PLAZA DE MERCADO Y EL MATADERO

El centro poblado de Siberia se caracteriza por tener una plaza de mercado grande, donde veredas vecinas compran y venden sus productos básicos los días martes.

La plaza de mercado de Siberia genera una cantidad promediada de 240 Kg semanales de residuos sólidos y 960 Kg mensuales. Los cuales en su mayor porcentaje corresponden a materia orgánica, como se puede observar en la tabla 15.

Tabla 15. Producción de residuos sólidos de la plaza de mercado de Siberia

TIPO RESIDUO	PESO (KG)	PORCENTAJE (%)
Orgánicos	232.15	96.73
Inorgánicos (cartón)	7.848	3.27
Total	240	100

En cuanto al matadero, este realiza labores de sacrificio de reses dos veces por semana, con un promedio de seis bovinos semanales.

Según los pesajes realizados en la cabecera municipal, cada res genera una caneca de 15 Kg. de peso de residuos sólidos no aprovechables como: piel, sangre y estiércol. Entonces en Siberia el matadero produce semanalmente (15 kg x 6 Bovinos), 90 Kg de residuos sólidos no aprovechables y 360 kg mensuales.

8.9 PRODUCCIÓN TOTAL DE RESIDUOS POR TIPO DE USUARIO DE SIBERIA

Para calcular la producción mensual de residuos sólidos por tipo de usuario se utilizaron las ecuaciones 3 y 4 descritas con anterioridad. Los datos obtenidos fueron consignados en la tabla 16.

Tabla 16. Producción mensual de residuos por tipo de usuario de Siberia

TIPO DE EDIFICACIÓN	PRODUCCIÓN UNITARIA (KG/USUARIO-MES)
Domiciliares	78.62
Comerciales	52.8
Institucional	44.4
Centro de Salud	75
Plaza de mercado	960
Matadero	360

En la tabla 17 se puede apreciar que el sector residencial es el mayor generador de residuos sólidos mensualmente, seguido por el sector comercial.

Tabla 17. Producción total de residuos sólidos generados en Siberia mensualmente

TIPO DE EDIFICACIÓN	Nº. DE EDIFICACIONES	PRODUCCIÓN / USUARIO-MES	RESIDUOS SÓLIDOS PRODUCIDOS(TON)
Domiciliares	124	78.62	9.75
Comerciales	82	52.8	4.32
Institucional	6	44.4	0.2664
Centro de Salud	1	75	0.075
Plaza de mercado	1	960	0.96
Matadero	1	360	0.36
TOTAL	215		15.7314

8.10 CALCULO DE LA PPC GENERAL DEL CENTRO POBLADO DE SIBERIA

Utilizando la ecuación 5 y la producción mensual total para el centro poblado de Siberia dado en la tabla 17, así como el número de habitantes de la zona urbana para dicho centro poblado se obtiene la PPC general.

$$PPC_{general} = \frac{15.7314 \text{ Ton} * 1000 \text{ Kg}}{1250 \text{ hab} * 30 \text{ dias}} = 0.41 \text{ Kg / hab} - \text{ dia}$$

Aunque la PPC de Siberia es la mayor en comparación con los demás centros poblados del municipio de Caldoño, este valor es totalmente justificable debido a que el centro poblado de Siberia juega un importante papel como núcleo comercial del municipio, en donde veredas vecinas realizan sus compras y ventas de productos primarios.

8.11 CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS DE SIBERIA

Finalmente se obtuvo el porcentaje en peso de los diferentes tipos de residuos sólidos producidos mensualmente en Siberia, en donde se pudo comprobar que el mayor componente de los RSM es materia orgánica biodegradable con 60.28 %, seguido por residuos sólidos inorgánicos

aprovechables 25.74%. Los siguientes porcentajes pueden apreciarse en la siguiente tabla.

Tabla 18. Caracterización física de los residuos sólidos producidos de Siberia

TIPO DE MATERIAL	% EN PESO	RESIDUOS SÓLIDOS PRODUCIDOS POR COMPONENTE TON/MES
Orgánicos biodegradables		
- Residuos de alimentos	60.28	9.4831
- Podas y corte prado.	0	0
- Otros (hueso)	0	0
• Subtotal (RSO)	60.28	9.48
• Inorgánicos		
- Papel y cartón	10.55	1.6599
- Vidrio	3.22	0.5069
- Plástico	11.17	1.7575
- Metales	0.80	0.1262
- Otros aprovechables (madera)	0	0
• Subtotal (RSI)	25.74	4.050
• No aprovechables	<i>13.96</i>	<i>2.1965</i>
• TOTAL	99.98	15.7301
Esperado	100	15.7314

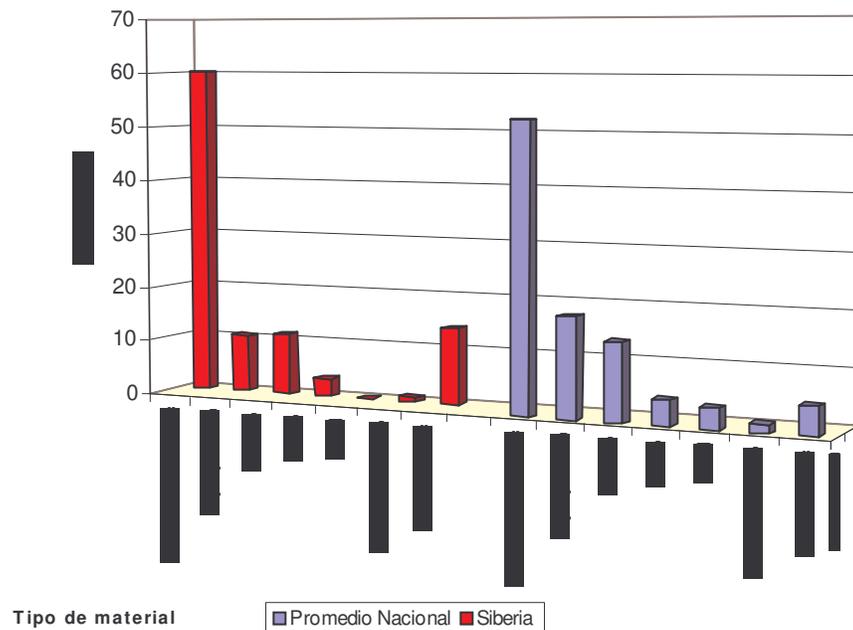
Por último se comparó la Caracterización física de los residuos sólidos producidos en Siberia frente a la composición promedio de los residuos sólidos municipales de Colombia. Los resultados están consignados en la tabla 19 e ilustrados en la figura 11.

Tabla 19. Caracterización física de los residuos sólidos producidos en Siberia, frente al promedio Nacional

TIPO DE RESIDUO SÓLIDO	PORCENTAJE (%)	
	SIBERIA	PROMEDIO NACIONAL
Desecho de alimentos	60.28	52.3
Papel y Cartón	10.55	18.3
Plástico	11.17	14.2
Vidrio	3.22	4.6
Textil	0	3.8
Producto metálico	0.80	1.6
Otros e inertes	13.96	5.2
Total	99.98	100

Fuente: Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y El Caribe, Cuadro 3.2.5

Figura 11. Caracterización física de los residuos sólidos producidos en Siberia, frente al promedio Nacional



9. RESULTADOS DEL CENTRO POBLADO DE PESCADOR

Los siguientes resultados son producto de la recolección de información en las jornadas de campo en el centro poblado de Pescador, así como trabajo de oficina.

9.1 INVENTARIO DE SECTORES GENERADORES DE RESIDUOS SÓLIDOS

En el centro poblado de Pescador se identificaron 2 sectores generadores de residuos sólidos, domiciliarios y medianos productores. Entre los medianos productores se cuentan: comerciales, oficiales, especiales y el centro de salud, información que se describe en la tabla 20.

Tabla 20. Número de edificaciones en área urbana de Pescador

SECTORES	TIPO DE EDIFICACIÓN	NÚMERO DE EDIFICACIONES
Residencial	Domiciliarios	147
Medianos productores	Comerciales	39
	Oficiales	6
	Especiales *	2
	Centro de Salud	1
	Total	195

* Plaza de mercado y el matadero

Es preciso aclarar que el centro poblado de Pescador no tiene estratificación socioeconómica, y que en este existe un gran número de viviendas desabitadas que pertenecen a personas ajenas a la región, quienes las utilizan para pasar fines de semana y vacaciones.

9.2 CALCULO DE NUMERO DE MUESTRAS REPRESENTATIVAS DE CADA SECTOR

Para el cálculo de las muestras representativas de cada sector se toma del 20% al 15 % de cada sector generador de residuos sólidos, el número de muestras representativas es igual al número de bolsas entregadas en el muestreo.

De acuerdo a lo anterior, las muestras representativas de cada sector fueron:

Tabla 21. Muestras representativas de cada sector productor de Pescador

SECTORES	TIPO DE EDIFICACIÓN	NÚMERO DE EDIFICACIONES	MUESTRA REPRESENTATIVA	MUESTRAS RECOLECTADAS
Residencial	Domiciliares	147	30	23
Medianos productores	Comerciales	39	9	10
	Oficiales	7	2	3
	Especiales *	2	2	2
	Centro de Salud	1	1	1
	Total		215	44

* (plaza de mercado y matadero)

Como se puede observar en la tabla 21, la población si colaboró en la recolección de los residuos sólidos. Por lo tanto el número de muestras representativas fue semejante al número de muestras recolectadas.

En el caso del sector residencial, las muestras recolectadas fueron solo veintitrés (23), pero este valor permitió cumplir con el 15 %. En los demás sectores productores las muestras recolectadas exceden a las muestras representativas, debido a que siempre se entregó una (1) ó dos (2) bolsas más a diferentes usuarios para garantizar la recolección de todas las muestras necesarias para el estudio.

9.3 DATOS DE CAMPO

9.3.1 Sector Residencial

En la tabla 22 se muestra la PPC de cada unidad residencial, la cual se obtuvo dividiendo los residuos sólidos producidos en el tiempo de muestreo entre el número de habitantes de cada vivienda y el periodo de muestreo.

Tabla 22. Cantidad de residuos sólidos producidos por el sector residencial de Pescador

VIVIENDAS	NUMERO DE HABITANTES	RESIDUOS (KG)		TOTAL (KG)	PERIODO (DÍAS)	PPC (KG/HAB-DIA)
		ORGÁNICOS	INORGÁNICOS			
1	6	4	0,5	4,5	5	0,15
2	4	2,5	0,9	3,4	5	0,17
3	3	4,25	2	6,25	5	0,42
4	3	3,25	4	7,25	5	0,48
5	3	9	2,25	11,3	5	0,75
6	3	0	1,5	1,5	5	0,10
7	2	1	1,5	2,5	6	0,21
8	4	6,5	0,75	7,25	6	0,30
9	3	3,5	0,25	3,75	6	0,21
10	4	5	1,25	6,25	6	0,26
11	4	3,75	0,75	4,5	6	0,19
12	10	0	5,25	5,25	6	0,09
13	3	5,25	1,25	6,5	5	0,43
14	5	1,75	2	3,75	6	0,13
15	2	1	1	2	5	0,20
16	6	5,25	1	6,25	6	0,17
17	3	7	1,5	8,5	6	0,47
18	4	5	1,75	6,75	6	0,28
19	8	4,5	0,5	5	4	0,16
20	8	14	2,25	16,3	6	0,34
21	7	0	0,5	0,5	1	0,07
22	4	0	0,75	0,75	6	0,03
23	9	9	4	13	6	0,24
Total	108	95,5	37,4	133	PPC _{Promedio}	0,25
					Desviación	0.17

9.3.2 Sector Comercial

Para calcular la PPC de cada establecimiento comercial se dividió el total de residuos sólidos producidos en el tiempo de muestreo entre el periodo de recolección, los resultados fueron consignados en la tabla 23.

La PPC del sector comercial tiene un valor alto debido a que muchos establecimientos comerciales funcionan a su vez como residencias, por ende a los residuos sólidos generados por el establecimiento se suman los generados por la familia en su actividad diaria.

Tabla 23. Cantidad de residuos sólidos producidos por el sector comercial de Pescador

CANTIDAD	ACTIVIDAD ECONÓMICA	RESIDUOS ORGÁNICOS (KG)	RESIDUOS INORGÁNICOS (KG)	TOTAL (KG)	PERIODO (DÍAS)	PPC (KG/COMERCIO-DIA)
1	Lácteos	1	0,5	1,5	6	0,25
2	Ferretería	0,4	0	0,4	6	0,067
3	Tienda	0	2,375	2,375	4	0,59
4	Restaurante	4,5	1,5	6	5	1,2
5	Cafetería	15	33	48	6	8
6	Heladería	0	6,625	6,625	6	1,10
7	Tienda	0	3,375	3,375	4	0,84
8	Tienda	13,5	2	15,5	6	2,58
9	Tienda	2	2	4	2	2
10	Tienda	4,25	0,125	4,375	1	4,375
	Total	40,65	51,5	92,15	PPC _{Promedio}	2,10
					Desviación	2.44

9.3.3 Sector Institucional

En el cálculo de la PPC de cada institución se dividió el total de residuos sólidos producidos entre el tiempo de recolección. Los resultados fueron consignados en la tabla 24.

En la siguiente tabla se puede apreciar que la institución número dos tiene un valor elevado de PPC en comparación con las otras instituciones, debido a que esta institución funciona como escuela y convento dirigido por las Hermanitas Lauritas.

Tabla 24. Cantidad de residuos sólidos producidos por el sector Institucional de Pescador

CANTIDAD	INSTITUCIONES	RESIDUOS ORGÁNICOS (KG)	RESIDUOS INORGÁNICOS (KG)	TOTAL (KG.)	PERIODO (DÍAS)	PPC (KG/INSTITUCION-DIA)
1	Cipasla	0,375	0,25	0,625	4	0,15
2	Hermanas*	16	4	20	5	4,00
3	Colegio **	2,5	6,75	9,25	4	2,3
	Total	18,875	11	29,875	PPC _{Promedio}	2,16
					Desviación	1,93

*Escuela Pescador “Congregación Hermanas Lauritas”

**Colegio Guillermo León Valencia

9.4 CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS SEGÚN LA NORMA RAS

La Caracterización de los residuos sólidos del centro poblado de Pescador se elaboró de acuerdo al Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000), sección de aseo.

Es preciso aclarar que en las siguientes tablas la sumatoria de la caracterización no corresponde con la sumatoria de los datos de campo. Esta diferencia se debe a que en el proceso de caracterización hubo una pérdida de material, debido al inconveniente que éstos presentaban al momento de la caracterización. El principal problema se hallaba en el tamaño de las últimas muestras, las cuales eran demasiado pequeñas y quedaban sobre la zona de recolección, además que muchas de las muestras contenían elementos como arenas que generan mayor peso y no se clasifican.

9.4.1 Sector Residencial

Los resultados consignados en la tabla 25, muestran la composición física de los residuos sólidos residenciales del centro poblado de Pescador, donde se encontró que el mayor porcentaje de residuos sólidos lo compone los desechos de alimento con un 72.54 %, seguido del plástico con valor de 9.87%. Lo anterior indica que los productos consumidos en la zona, son productos primarios.

Tabla 25. Caracterización correspondiente al sector residencial de Pescador

TIPO DE RESIDUO SÓLIDO	PESO (KG)	PORCENTAJE (%)
Desecho de alimentos	95,5	72,54
Papel	7,3	5,55
Cartón	0,75	0,57
Plástico	13	9,87
Caucho y Cuero	0,5	0,38
Vidrio	3,8	2,89
Textil	1,5	1,14
Madera	0	0,00
Producto metálico	1,5	1,14
Cerámica, Escombros y Roca	1,3	0,99
Huesos	0	0,00
Otros	6,5	4,94
Total	131,65	100,00

9.4.2 Sector Comercial

En la caracterización correspondiente al sector comercial de Pescador se encontró que el mayor componente de los residuos sólidos comerciales son los desechos orgánicos (44.60%), situación totalmente diferente a la caracterización para ese mismo sector en el centro poblado de Siberia, en donde el mayor componente es el plástico. Una posible razón para tal diferencia, reside en el hecho de que en Pescador existen más restaurantes, ya que este se encuentra al borde de la vía Panamericana.

En la tabla 26, se exponen los porcentajes restantes para los demás componentes.

Tabla 26. Caracterización correspondiente al sector comercial de Pescador

TIPO DE RESIDUO SÓLIDO	PESO (KG)	PORCENTAJE (%)
Desecho de alimentos	40,65	44,60
Papel	4,5	4,94
Cartón	3,5	3,84
Plástico	15,75	17,28
Caucho y Cuero	0	0,00
Vidrio	9	9,87
Textil	0,25	0,27
Madera	0	0,00
Producto metálico	1,5	1,65
Cerámica, Escombros y Roca	1	1,10
Huesos	0	0,00
Otros	15	16,46
Total	91,15	100,00

9.4.3. Sector Institucional

Los resultados depositados en la tabla 27, expresan la composición física de los residuos sólidos institucionales del centro poblado de Pescador. Donde se encontró que el mayor porcentaje de residuos sólidos lo componen los desechos de alimento con un 63,82 %, seguido del plástico con valor de 13,52 %.

Tabla 27. Caracterización correspondiente al sector institucional de Pescador

TIPO DE RESIDUO SÓLIDO	PESO (KG)	PORCENTAJE (%)
Desecho de alimentos	18,875	63,82
Papel	2,5	8,45
Cartón	0,7	2,37
Plástico	4	13,52
Caucho y Cuero	0	0,00
Vidrio	0	0,00
Textil	1	3,38
Madera	0	0,00
Producto metálico	0	0,00
Cerámica, Escombros y Roca	0	0,00
Huesos	0	0,00
Otros	2,5	8,45
Total	29,575	100,00

9.5 VERIFICACIÓN ESTADÍSTICA DEL TOTAL DE MUESTRAS RECOLECTADAS

Utilizando la Ecuación 1, se verificó y chequeó el número total de muestras representativas del centro poblado de Pescador, teniendo en cuenta que la desviación estándar en Colombia es de 0.20^{12} para poblaciones menores de

¹² MEJIA ARIAS, Marcos. Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios del distrito de Santa Anita, Lima Perú, Junio 2004. disponible en; <http://www.monografias.com/trabajo16/residuos-solidos/residuos-solidos.shtml>

Obtención de la varianza poblacional (σ^2)

Cuando una población es más homogénea la varianza es menor y el número de muestras necesaria para construir un modelo reducido del universo, o de la población, será más pequeño. Generalmente es un valor desconocido y hay que estimarlo a partir de estudios previos. En Colombia se estima que debe estar entre 0.04 y 0.25 Kg/ hab-día.

5000 habitantes, así como un 95 % de confiabilidad en el muestreo y un error en la medida de 0.065¹³ (kg /hab – día). Para el caso en estudio se obtuvieron los siguientes resultados:

Ejemplo Tipo.

Zc: 95 % de confiabilidad (Zc = 1.96¹⁴)

Sx : 0.20 kg/(hab-dia)

N: 1320 hab

e: 0.065 kg/(hab-dia)

$$n = \frac{(1.96)^2 * (0.20Kg / hab * dia)^2 * 1320hab}{(1320-1)hab * (0.065kg / hab * dia)^2 + (1.96)^2 * (0.20Kg / hab * dia)^2} = 35.42 \approx 36$$

Como se puede observar el número de muestras representativas para el centro poblado de Pescador teóricamente fue de 36 unidades, Pero en la realidad en dicho centro poblado se recolectaron 39 unidades en el muestreo, lo que permitió tener mayor confiabilidad en los datos recolectados y disminuir errores en la medida.

9.6 CALCULO DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN (C.V.)

El Coeficiente de Variación se obtuvo utilizando la ecuación 2, así como los datos de las tablas 22, 23 y 24 en las cuales se da la PPC promedio y la desviación estándar para cada sector productor de residuos sólidos del centro poblado de Pescador.

¹³ Ídem

Obtención del Error Muestral de Estimación o Standard (E)

El porcentaje de error recomendado es del 6.5%, ya que nos presenta mayor confiabilidad en los datos, no es recomendable un mayor margen de error, ya que nos dará una muestra muy pequeña con respecto a la población, no será representativa.

¹⁴ Ídem

Obtención del nivel de confianza

El estudio tomará un intervalo de confianza del 95%, lo cual significa que si el estudio es repetido los datos hallados será 95% iguales a los obtenidos en este estudio. Este valor es más utilizado lo cual permite usar como coeficiente de confianza **Z= 1.96**, que corresponde a la abscisa de la distribución normal, estándar asociada a la probabilidad centrada igual a 0.95.

Como se puede apreciar en la tabla 28, las muestras recolectadas en el centro poblado de Pescador son muy heterogéneas, debido a que el coeficiente de variación es superior al 5 %. Este hecho es evidente en las figuras 12,13 y 14 donde se muestra la dispersión de la PPC para cada sector generador de residuos sólidos respecto al promedio.

Tabla 28. Calculo del C.V para cada sector generador de residuos en Pescador

SECTOR	PPC _{PROMEDIO}	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	C.V (%)
Residencial	0,25	0.17	68
Comercial	2,10	2.44	116
Institucional	2,16	1.93	89

Fuente: Elaboración propia.

Figura 12. Dispersión de la PPC residencial de Pescador respecto al promedio

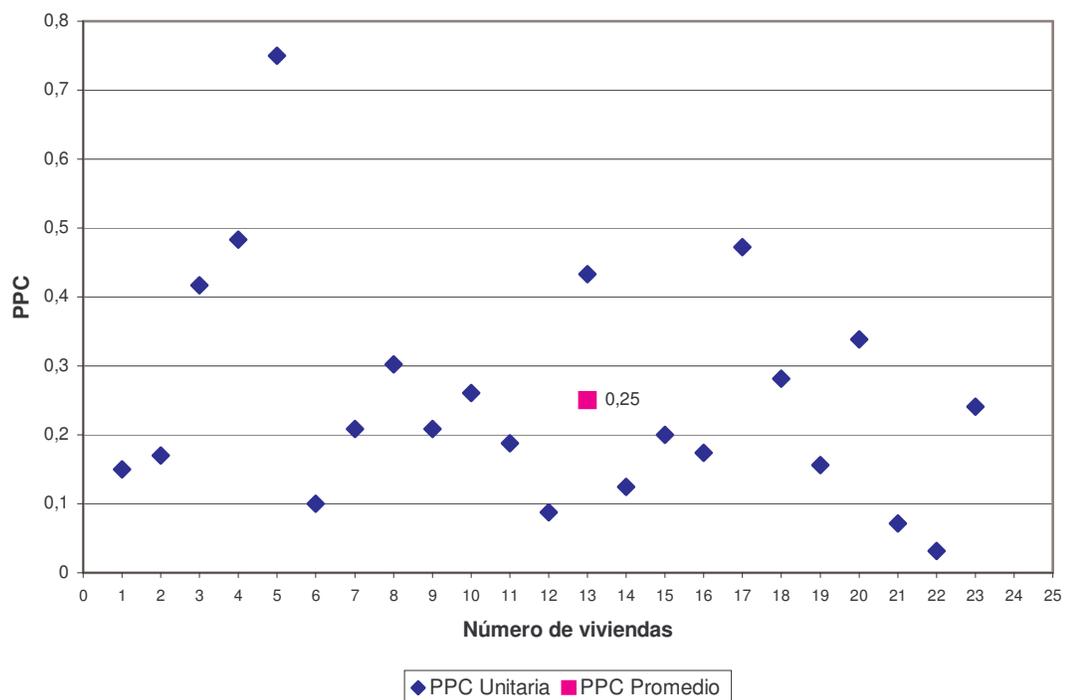


Figura 13. Dispersión de la PPC comercial de Pescador respecto al promedio

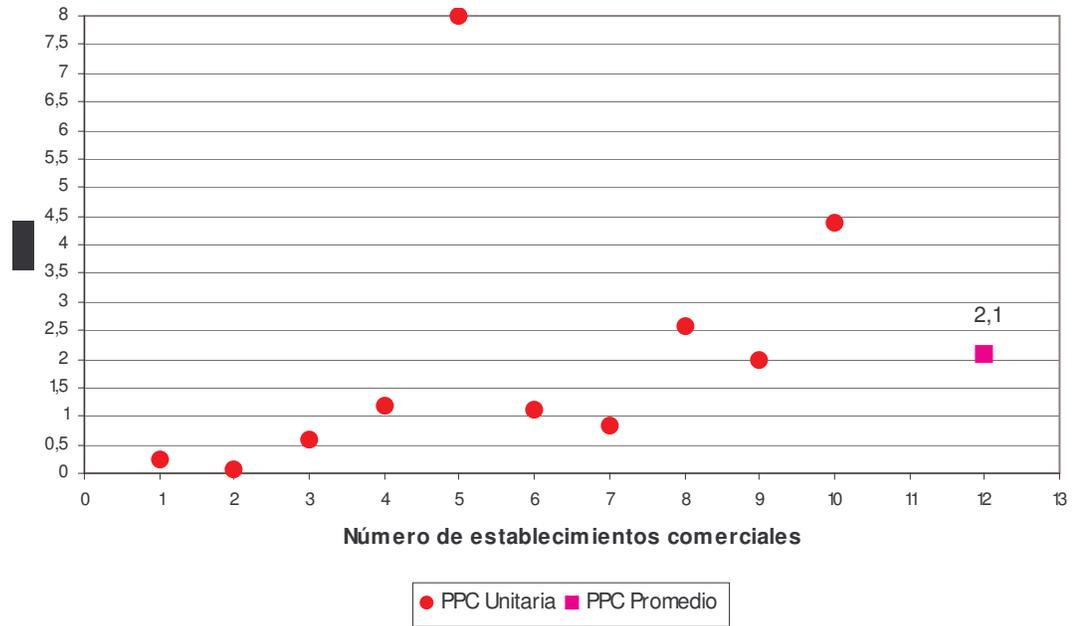
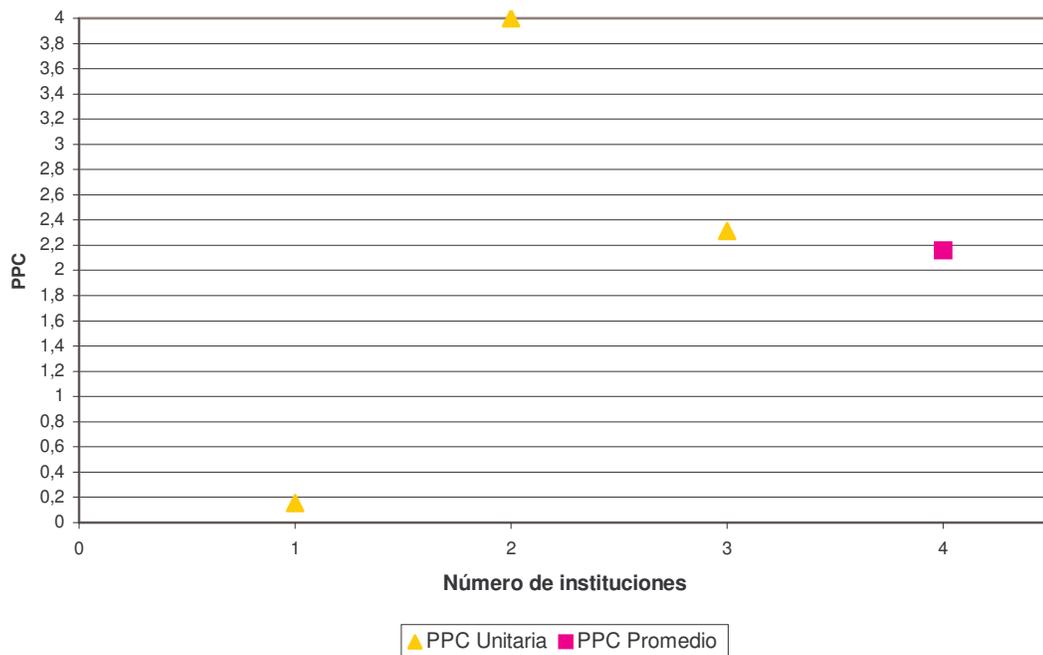


Figura 14. Dispersión de la PPC institucional de Pescador respecto al promedio



Una posible causa de la heterogeneidad de las muestras es quizás el error introducido por cada unidad muestral en el periodo de recolección, como es el caso del sector residencial, donde muchas de las viviendas seleccionadas no recogieron los residuos orgánicos fundamentando que ellos lo utilizaban como abono orgánico en sus parcelas. Así como introduciendo residuos sólidos generados con anterioridad al periodo de muestreo. Otra posible causa de la desviación en los datos es la inexistencia de estratificación socioeconómica en el sector lo que hace las muestras aún más heterogéneas, ya que la capacidad económica es reflejada en la producción de residuos sólidos.

En el caso del sector comercial la heterogeneidad de las muestras se debe, a los diferentes volúmenes de producción de cada unidad muestral, ya que cada establecimiento comercial tiene diferentes volúmenes de ventas y comercialización de productos, lo que a su vez influye directamente en la producción de residuos sólidos. Sumado a lo anterior la cafetería muestreada en Pescador muestra un dato muy atípico en comparación los demás datos de su grupo, este dato posiblemente no corresponda a la realidad, pues en el momento de la caracterización se encontró residuos sólidos “viejos” lo que indica que estos fueron generados antes del periodo de muestreo.

En el sector institucional, se presenta una situación similar al sector comercial donde el mayor generador de residuos sólidos es el centro educativo “Hermanas Lauritas”, en comparación con los demás establecimientos institucionales, debido a que en esta institución residen un número determinado de religiosas.

9.7 PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL CENTRO DE SALUD

El centro poblado de Pescador cuenta con un *centro de salud* el cuál presta los servicios de consulta médica y odontológica, atención de enfermería y programas de vacunación, este es un generador de residuos sólidos peligrosos e infectocontagiosos.

La PPC del centro de salud es pequeña como se puede apreciar en la tabla 29, debido a que este es una unidad de salud pequeña, en comparación con el Hospital Nivel I de la cabecera municipal, en donde la PPC es de 11Kg/día¹⁵.

¹⁵ CERÓN Ronald, Informe de pasantía en el municipio de Caldono dentro del PGIRS, centro poblado de Caldono. 2006

Además los servicios prestados no cubren las necesidades totales de la población, la cual se ve obligada a trasladarse a los centros urbanos más cercanos en situaciones de emergencia.

Tabla 29. Cantidad de residuos sólidos producidos por el centro de salud de Pescador

INSTITUCIÓN	RESIDUOS ORGÁNICOS (KG)	RESIDUOS INORGÁNICOS (KG)	TOTAL (KG)	PERIODO (DÍAS)	PPC (KG/INSTITUCION-DIA)
Centro de Salud	0	7	7	3	2.33

Como se puede observar en la anterior tabla el puesto de salud de pescador no genera residuos sólidos orgánicos patológicos debido a que el centro de salud solo presta servicios de consulta medica. Hecho que se ve evidenciado en la caracterización de los residuos del centro asistencial (ver tabla 30) en donde el mayor porcentaje lo conforman: Caucho, papel y Otros.

Tabla 30. Caracterización correspondiente al centro de salud de Pescador

TIPO DE RESIDUO SÓLIDO	PESO (KG)	PORCENTAJE (%)
Desecho de alimentos	0	0
Papel	2	28.57
Cartón	0	0
Plástico	0	0
Caucho y Cuero (Guantes Quirúrgicos)	2	28.57
Vidrio	0	0
Textil	0	0
Madera	0	0
Producto metálico	0	0
Cerámica, Escombros y Roca	0	0
Huesos	0	0
Otros (Gasa, Jeringas, Algodón)	3	42.85
Total	7	99.99

9.8 PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA PLAZA DE MERCADO Y EL MATADERO

El centro poblado de Pescador cuenta con una pequeña plaza de mercado la cual solo funciona los días sábados y en donde el mayor porcentaje de los residuos sólidos generados es materia orgánica, la plaza de mercado genera una cantidad promedió de 10.95 Kg de residuos sólidos semanales y 43.8 Kg mensuales, es importante tener en cuenta que la plaza de mercado solo tiene siete puestos de ventas.

Tabla 31. Producción de residuos sólidos de la plaza de mercado de Pescador

TIPO RESIDUO	PESO (KG)	PORCENTAJE (%)
Orgánicos	10.45	95.43
Inorgánicos (cartón)	0.5	4.56
Total	10.95	100

En la actualidad el matadero de Pescador no se encuentra en funcionamiento, debido a que en este se adelantan obras de adecuación y mejoramiento. Pero la labor de pesa y sacrificio de reses se adelanta en diferentes fincas de la localidad, dando como resultado un total de 4 reses semanales para el centro poblado de Pescador.

De acuerdo a los pesajes realizados en la cabecera municipal, Calono. Cada res genera una caneca de 15 Kg de peso de residuos sólidos no aprovechables como: piel, sangre y estiércol. Entonces en Pescador el matadero produce $(15 \text{ kg} * 4 \text{ Bovinos}) = 60 \text{ Kg}$ semanales de residuos sólidos no aprovechables y 240 Kg mensuales.

9.9 PRODUCCIÓN TOTAL DE RESIDUOS POR TIPO DE USUARIO EN PESCADOR

Para calcular la producción mensual de residuos sólidos por tipo de usuario se utilizaron las ecuaciones 3 y 4, los resultados obtenidos fueron consignados en la siguiente tabla 32.

Tabla 32. Producción mensual de residuos por tipo de usuario de Pescador

TIPO DE EDIFICACIÓN	PRODUCCIÓN UNITARIA (KG/USUARIO - MES)
Domiciliares	67.34
Comerciales	63
Institucional	64.8
Centro de Salud	69.9
Plaza de mercado	43.8
Matadero	240

En la tabla 33 se puede apreciar que el sector residencial es el mayor generador de residuos sólidos mensualmente, seguido por el sector comercial

Tabla 33. Producción total de residuos sólidos generados en Pescador Mensualmente

TIPO DE EDIFICACIÓN	NO. DE EDIFICACIONES	PRODUCCIÓN/USUARIO-MES	RESIDUOS SÓLIDOS PRODUCIDOS(TON)
Domiciliares	147	67.34	9.9
Comerciales	39	63	2.45
Centro de Salud	1	69.9	0.0699
Institucional	6	64.8	0.39
Plaza de Mercado	1	43.8	0.0438
Matadero	1	240	0.24
TOTAL	195		13.0937

9.10 CALCULO DE LA PPC GENERAL DEL CENTRO POBLADO DE PESCADOR

Utilizando la ecuación 5 y la producción mensual total para el centro poblado de Pescador dado en la tabla 33, así como el número de habitantes de la zona urbana para dicho centro poblado se obtiene la PPC total.

$$PPC_{GENERAL} = \frac{13.0937 \text{ Ton} * 1000 \text{ Kg}}{1320 \text{ hab} * 30 \text{ dia}} = 0.33 \text{ Kg / hab} - \text{dia}$$

9.11 CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS SÓLIDOS DE PESCADOR

Finalmente se obtuvo el porcentaje en peso de los diferentes tipos de residuos sólidos producidos mensualmente en Pescador, en donde se pudo comprobar que el mayor componente de los RSM es materia orgánica biodegradable con un 67.24 %, seguido por residuos sólidos inorgánicos aprovechables 23.2%. Los siguientes porcentajes pueden apreciarse en la tabla 34.

Tabla 34. Caracterización física de residuos sólidos de Pescador

TIPO DE MATERIAL	% EN PESO	RESIDUOS SÓLIDOS PRODUCIDOS POR COMPONENTE TON/MES
• Orgánicos biodegradables		
- Residuos de alimentos	67.24	8.804858
- Podas y corte prado.	0	0,0
- Otros (hueso)	0	0.0
• Subtotal (RSO)	67.24	8.80
• Inorgánicos		
- Papel y cartón	6.75	0.8851
- Vidrio	4.03	0.5279
- Plástico	11.25	1.4731
- Metales	1.17	0.1532
- Otros aprovechables (madera)	0	0
• Subtotal (RSI)	23.2	3.039
• No aprovechables	9.54	1.25
• TOTAL	99.98	13.089
Esperado	100	13.093

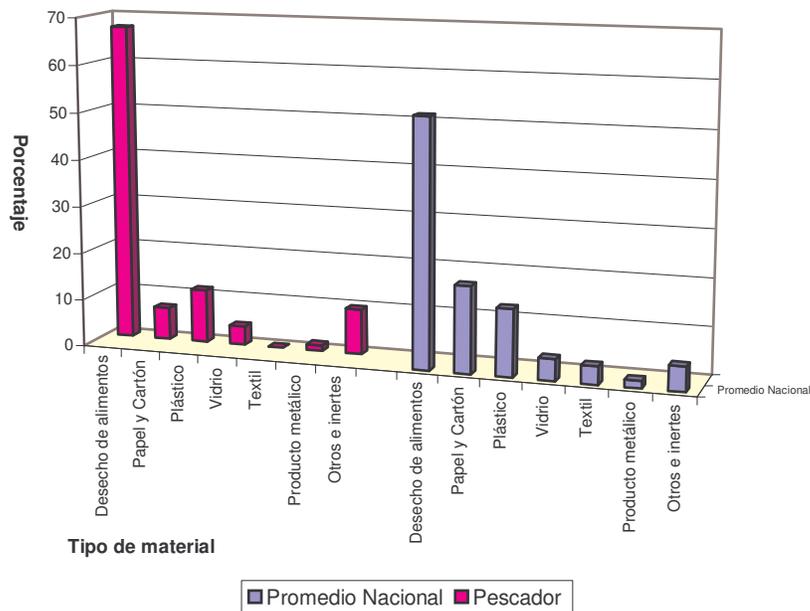
Por ultimo se comparó la Caracterización física de los residuos sólidos producidos en Pescador frente a la composición promedio de los residuos sólidos municipales de Colombia, en la tabla 35 y figura 15.

Tabla 35. Caracterización física de los residuos sólidos producidos en Pescador, frente al promedio Nacional

TIPO DE RESIDUO SÓLIDO	PORCENTAJE (%)	
	PESCADOR	PROMEDIO NACIONAL
Desecho de alimentos	67.24	52.3
Papel y Cartón	6.75	18.3
Plástico	11.25	14.2
Vidrio	4.03	4.6
Textil	0	3.8
Producto metálico	1.17	1.6
Otros e inertes	9.54	5.2
Total	99.98	100

Fuente: Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y El Caribe, Cuadro 3.2.5

Figura 15. Caracterización física de los residuos sólidos producidos en Pescador, frente al Promedio Nacional



10. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La clasificación de los dos centros poblados en uno de los niveles de complejidad depende del número de habitantes en la zona urbana y de su capacidad económica, de acuerdo con lo establecido en la tabla 36. Los centros poblados de Siberia y Pescador pertenecen a un nivel de complejidad bajo porque sus cascos urbanos tienen menos de 2500 habitantes.

Tabla 36. Asignación del nivel de complejidad

NIVEL DE COMPLEJIDAD	POBLACIÓN EN LA ZONA URBANA (HABITANTES)	CAPACIDAD ECONÓMICA DE LOS USUARIOS
Bajo	<2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio Alto	12501 a 60000	Media
Alto	>60000	Alta

Fuente: Norma RAS 2000, Título A, SECCIÓN I. Tabla A.3.1

En la tabla 37 se establecen los valores típicos de la PPC para municipios Colombianos de acuerdo a la Norma Colombiana de Saneamiento (NCS).

Tabla 37. Valores típicos de la PPC para municipios Colombianos de acuerdo al NCS

NIVEL DE COMPLEJIDAD	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	VALOR PROMEDIO
Bajo	0.3	0.75	0.45
Medio	0.3	0.95	0.45
Medio Alto	0.3	1.00	0.53
Alto	0.44	1.10	0.79

Fuente: Norma RAS 2000, Título F, Tabla F.1.2

Conforme a la anterior tabla, se verificó que las PPC generales, 0.41 y 0.33 encontradas en los centros urbanos de Siberia y Pescador, están dentro del rango de valores típicos de la PPC para un nivel de complejidad bajo.

La producción de residuos sólidos domésticos es una variable que depende básicamente del tamaño de la población y de sus características socioeconómicas, se esperaría que la PPC de los dos centros poblados fuera similar, debido a que estos cuentan con una población mas o menos equivalente 1250 y 1320 habitantes, respectivamente, con una diferencia de tan solo 70 habitantes; pero se observa que la PPC de cada uno, es bastante diferente. Hecho que es atribuible a la importancia que cumple el centro poblado de Siberia como centro económico elemental dentro del municipio de Caldono, porque éste presta servicios de educación, comercio, demanda de alimentos y transporte a otros lugares del municipio, ya que su ubicación geográfica así lo permite.

Si se hace el análisis por resguardos, tabla 38, entonces de los seis resguardos en los que está dividido el municipio, los que albergan mayor cantidad de habitantes son La Laguna Siberia con un porcentaje del 34.4%, y Caldono con un 30.8% con respecto a los otros cuatro. Estos porcentajes pueden relacionarse en primer lugar al hecho de que en el resguardo de Caldono esta la cabecera municipal, y por ende ofrece mejores condiciones de vida, además de tener el centro de poder más representativo del municipio.

En segundo lugar La Laguna Siberia por su ubicación geográfica en el centro del municipio, le permite convertirse en un centro elemental y ser clave en el funcionamiento espacial del municipio, como se puede apreciar en la figura 16, además de ofrecer el beneficio del desplazamiento a los habitantes por tener la vía de acceso pavimentada lo que facilita la comunicación con los nodos de influencia como Cali, Popayán, Santander y Piendamó.

Tabla 38. Distribución de la población por resguardos

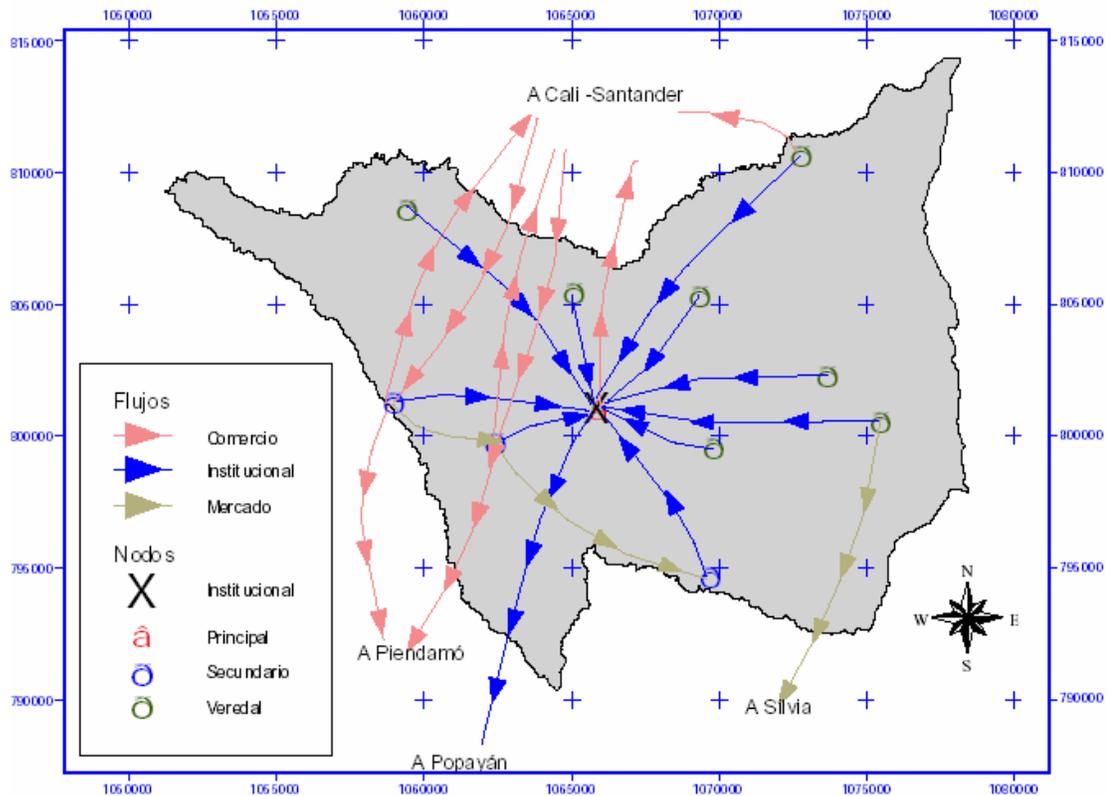
RESGUARDOS	HABITANTES	PORCENTAJE(%)
CALDONO	10.041	30.8
LA AGUADA - SA	1.627	5.0
LA LAGUNA SIBERIA	11.179	34.4
LAS MERCEDES*	4.049	12.5
PIOYA	2.182	6.7
PUEBLO NUEVO	3.432	10.6
TOTAL	32.510	100

Fuente: Plan Básico de Ordenamiento Territorial, Distribución Étnica.

El hecho de que Siberia sea clave en el funcionamiento espacial y un centro elemental, tiene como consecuencia directa el aumento en la población flotante en el centro poblado que se dirige al pueblo a realizar diferentes

diligencias y actividades. Lo que trae consigo un aumento en la generación de residuos sólidos, dando como resultado el incremento en la PPC de Siberia, es decir, el centro poblado de Siberia tiene una alta afluencia de visitantes, que generan una cantidad mayor de residuos sólidos.

Figura 16. Funcionamiento espacial del municipio de Caldoño

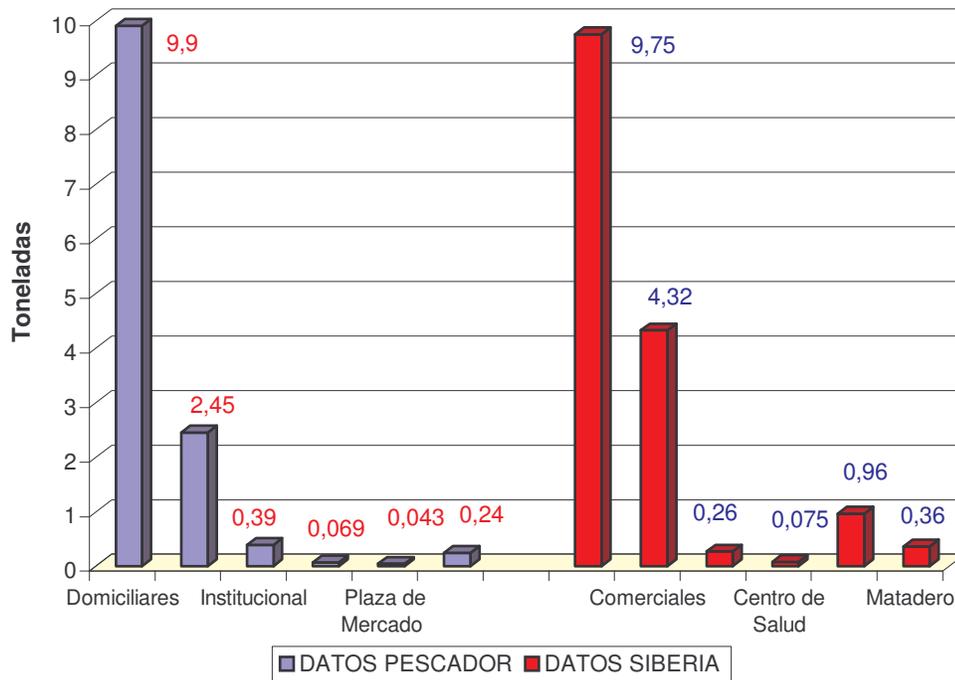


Fuente: Plan Básico de Ordenamiento Territorial, mapa No 4. Funcionamiento espacial.

La anterior diferencia en las PPC también se puede justificar en la producción mensual total de residuos sólidos dados en las tablas 17 y 33, respectivamente y en la figura 17. En donde se compararan la producción mensual generada por los diferentes sectores, en la cual se puede apreciar que la PPC de Siberia se dispara a consecuencia del gran volumen de desperdicios generados en los sectores comerciales, plaza de mercado y matadero. En comparación con estos mismos sectores en Pescador. Este resultado indica que el centro poblado de Siberia maneja un volumen comercial mayor que Pescador, debido a que en dicho centro poblado el

número de edificaciones comerciales es mayor. Igualmente que la plaza de mercado y el matadero de Siberia tienen mayor demanda.

Figura 17. Producción total mensual de residuos sólidos generados en Siberia y Pescador



De forma similar, se puede observar en la figura 17, que la producción mensual total de los sectores; residencial, institucional y centros de salud de los dos pueblos son equivalentes. Por lo tanto se puede determinar que el aumento en la PPC de Siberia obedece a la población flotante que visita el casco urbano.

Conforme a la caracterización realizada a los residuos sólidos municipales de Siberia y pescador se logró confrontar los resultados obtenidos en las tablas 18 y 34. Con la Composición promedio de los residuos sólidos municipales de Colombia, de donde se observó que el porcentaje de material orgánico presente en los residuos sólidos de Siberia y pescador supera ampliamente el promedio Nacional.

En cuanto a los residuos sólidos reutilizables se encontró, que ninguno de los dos centros poblados supera el promedio Nacional, hecho que es razonable pues la capacidad económica de sus residentes es relativamente baja, lo que

impide que sus habitantes sean grandes consumidores de productos manufacturados y secundarios.

Las anteriores relaciones pueden ser apreciadas mejor en la tabla 39.

Tabla 39. Caracterización de los residuos municipales de Siberia y Pescador frente al promedio Nacional

Tipo de Residuo Sólido	PORCENTAJE (%)		
	Promedio Nacional	Siberia	Pescador
Desecho de alimentos	52.3	60,28	67,24
Papel y Cartón	18.3	10,55	6,75
Plástico	14.2	11,17	11,25
Vidrio	4.6	3,22	4,03
Textil	3.8	0	0
Producto metálico	1.6	0,8	1,17
Otros e inertes	5.2	13,96	9,54
Total	100	99.98	99.98

A pesar de la heterogeneidad de las diferentes muestras tomadas en los dos centros poblados, debidas principalmente a la ausencia de estratificación socioeconómica en los mismos, los resultados obtenidos están dentro de los rangos nacionales con respecto a la PPC y composición promedio de los residuos sólidos municipales de Colombia.

11. JORNADA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL

Las jornadas de educación ambiental se realizaron en asocio con la UMATA, la cual realizó las gestiones necesarias para establecer el sitio, la fecha y la hora en los respectivos centros poblados.

Las conferencias teórico prácticas fueron dictadas a los estudiantes del grupo jóvenes Emprendedores del SENA, quienes en ese momento realizaban un curso sobre el manejo adecuado de los residuos sólidos, en el centro poblado de Siberia. Así como a los estudiantes de los grados décimo y once del colegio Guillermo León Valencia del centro poblado de Pescador (ver figura 18, anexa).

Dentro de los temas teóricos adelantados en las conferencias se expusieron; la historia y la problemática ambiental generada por los residuos sólidos a lo largo de la historia, la importancia de la separación de los residuos sólidos en la fuente, y finalmente las buenas practicas Ambientales como las “tres R” y el compostaje de los residuos orgánicos.

En la parte práctica, los estudiantes colaboraron en la caracterización de los residuos sólidos de los respectivos centros poblados de acuerdo al reglamento RAS. Finalmente se les obsequio dos cartillas “Los Residuos, Problemas y soluciones” y “ABONO ORGÁNICO, Compost” (ver ANEXO II), donde se ilustra de manera didáctica y practica algunos de los temas tratados en las conferencias.

La comunidad en su mayoría tomó una aptitud pasiva, ya que sólo se dedicaron a escuchar la cátedra; como ya se mencionó sólo los estudiantes del colegio Guillermo León Valencia y el SENA participaron activamente en la caracterización.

12. ANÁLISIS DOFA

La construcción de matriz DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas, Amenazas) se realizó en conjunto con todo el grupo técnico de trabajo, a partir de los resultados obtenidos en las etapas de recolección de información general, caracterización de residuos sólidos así como la determinación del total de residuos sólidos producidos.

La estructuración de la matriz permitió evaluar en forma global la actual situación del municipio en torno a la problemática generada por los residuos sólidos, y resumir en forma sintetizada las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas. Lo que permitió tener una mejor comprensión del problema para buscar diferentes alternativas que permitan darle soluciones sostenibles que respondan a las necesidades de la población.

En la siguiente tabla 40 se expone el análisis realizado al municipio de Caldoño.

Tabla 40. Matriz DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas, Amenazas)

DOFA
DEBILIDADES
<ul style="list-style-type: none">▪ Hay 17 botaderos a cielo abierto en los tres centros urbanos.▪ El sitio que posee el municipio, no cumple con los requisitos y restricciones exigidas por la ley (Decreto 838 de 2005).▪ No existe empresa que preste el servicio de recolección, transporte y disposición final de los RS▪ No existen los estudios de mercadeo y comercialización de residuos sólidos aprovechables.
OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none">▪ Marco legal actual decreto 1713 de 2002.▪ Existe un mercado cercano para productos reciclados. (Popayán – Santander y Cali).▪ Caldoño hace parte de la Asociación de Municipios del norte del Cauca.▪ Buen estado de las vías que comunican los municipios vecinos con Caldoño▪ Existe una cultura de separación de los RS en la población urbana▪ Interés de la población estudiantil, frente al manejo adecuado de los residuos sólidos.▪ En la actualidad se realiza el proceso de compostaje de los residuos orgánicos provenientes de la galería de la cabecera municipal, por parte de AMTRESMA.▪ Existe una alta demanda de abonos orgánicos, en el mercado local. (90 toneladas anuales)

.Continuación DOFA.

FORTALEZAS

- Existe un grupo de manejo ambiental AMTRESMA con un buen nivel de organización, capacitación y experiencia en el manejo de los residuos sólidos, tanto orgánicos como inorgánicos.
- Mas del 60 % de los residuos sólidos que produce el municipio son RSO.
- Mas de 20 % de los residuos sólidos son aprovechables.
-
- Identificación de los posibles sitios de disposición final para el relleno sanitario.

AMENAZAS

- Cambios en la política para la gestión de residuos sólidos. Nuevas resoluciones ó decretos que modifiquen los actuales, que puedan afectar de alguna manera el actual proceso.
- Contaminación de los recursos naturales debido al manejo inadecuado de los residuos sólidos.
- El municipio de expone a demandas legales por no prestar el servicio de recolección de sus residuos (Tutelas, Acciones populares etc.)
- Proliferación de focos y vectores de enfermedades.

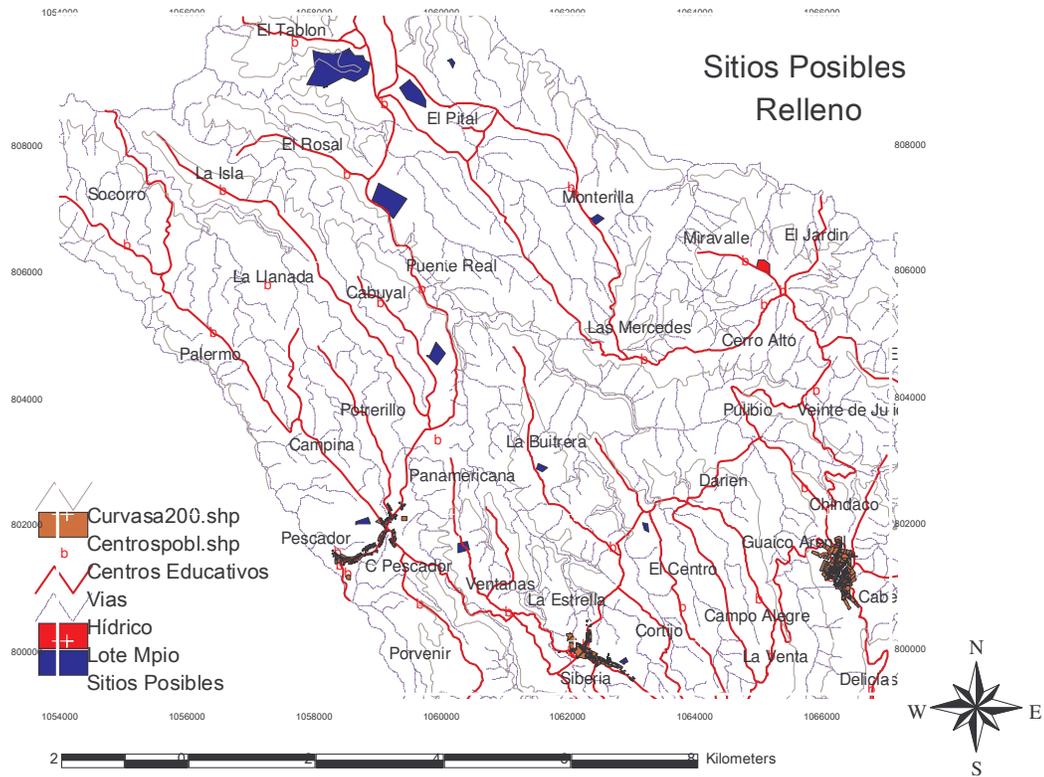
13. IDENTIFICACIÓN DEL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL

Para la identificación de los posibles sitios de disposición final para el relleno sanitario se consultó el decreto número 838 de 2005, en el TITULO I, CAPITULO II, ARTÍCULO 5. Donde se dan los criterios y metodología para la localización de áreas para disposición final de residuos sólidos, mediante la tecnología de relleno sanitario. Es conveniente aclarar que solo se tomaron en cuenta los siguientes criterios: Ocupación actual del área, distancia a cuerpos hídricos, condiciones del suelo y topografía.

Con la ayuda del software Arcview en el cual se encontraba digitalizada toda la información cartográfica del municipio, en capas. Se activaron las siguientes capas; distribución hidrográfica, curvas de nivel, ubicación de centros educativos, vías principales, centros poblados, lote municipio. Para luego realizar un buffer entre las capas cumpliendo los parámetros del decreto 838 de 2005, para obtener las áreas de los sitios posibles para la disposición final.

La figura 19, muestra posibles áreas para la ubicación del relleno sanitario, el área definitiva será escogida por el grupo técnico del PGIRS teniendo en cuenta los demás criterios así como la respectiva evaluación financiera.

Figura 19. Posibles sitios para la ubicación del relleno sanitario.



14. CONCLUSIONES

- La PPC para el centro poblado de Siberia es de 0.41 kg/hab–día y para Pescador es de 0.33 kg/hab–día, valores que se encuentran dentro del rango típico para municipios colombianos de nivel de complejidad bajo.
- El centro poblado de Siberia genera mayor cantidad de residuos sólidos en comparación con Pescador a pesar de que el número de habitantes es muy equivalente. Esta diferencia en las producciones mensuales es ocasionada por la importancia de Siberia como núcleo económico del municipio.
- El aumento en la PPC de Siberia obedece principalmente a la población flotante que visita el centro urbano para realizar diferentes diligencias y actividades comerciales.
- En el centro poblado de Siberia mensualmente se generan 15.73 toneladas de residuos sólidos, de los cuales el mayor componente corresponde a materia orgánica con 60.28 % y un 25.74 % de residuos sólidos inorgánicos aprovechables.
- En el centro poblado de Pescador mensualmente se generan 13.08 toneladas de residuos sólidos, de los cuales el mayor componente corresponde a materia orgánica con 67.24 % y un 23.2 % de residuos sólidos inorgánicos aprovechables.
- La experiencia muestra que las comunidades de Siberia y Pescador tienen un manejo adecuado de sus residuos sólidos orgánicos, debido a que muchas de las viviendas y sectores comerciales muestreados utilizan estos desperdicios como abono Orgánico en sus Parcelas, ubicadas en la zona rural.
- El área definitiva del relleno sanitario será una labor desarrollada por el equipo técnico dentro de las alternativas planteadas en la figura 19.
- En el presente trabajo no fue posible la recomendación de una alternativa, debido a que los cuatro centros urbanos que existen en el municipio fueron objeto de estudio en diferentes épocas, por lo tanto el equipo técnico del PGIRS no contó con los resultados de los centros urbanos de Siberia y Pescador, situación que obstaculizó la formulación de alternativas, para su posterior evaluación.

15. RECOMENDACIONES

- La instalación de un programa por parte de la Alcaldía Municipal donde se promueva la separación en la fuente de los residuos orgánicos e inorgánicos se convierte en una buena alternativa, que permitirá en un futuro la formulación de diferentes proyectos. Debido a que se comprobó que la comunidad de los centros poblados aceptaría un sistema de recolección por separado.
- El alto volumen de residuos sólidos orgánicos generados en el municipio, se convierte en un potencial para el desarrollo de proyectos en la generación de abonos orgánicos, los cuales pueden ser comercializados en la región. Ya que en la actualidad el municipio importa 90 toneladas anuales de gallinaza destinada a sus actividades agrícolas.
- Aunque los residuos Inorgánicos aprovechables no sobrepasan el promedio nacional, se debe realizar un estudio de factibilidad económica donde se analice las siguientes variables: costo de transporte por tonelada, frente a beneficio neto recibido por tonelada, demanda de las localidades cercanas, viabilidad del reuso en situ, con el fin de establecer la rentabilidad del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALCALDÍA MUNICIPAL DE SANTIAGO DE CALI. PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS, PGIRS 2004 – 2019. Pág. 6,7. Disponible en.
<http://www.cali.gov.co/publico2/documentos/varios/pgris.pdf>
2. COLLAZOS P. Javier, Diseño y operación de Rellenos sanitarios. ACODAL. 2001.
3. Diario el TIEMPO, Ecología. Recolección de basuras en Colombia funciona bien, pero no hay cultura del reciclaje, Mayo 5 de 2005. Disponible en.
http://eltiempo.terra.com.co/ecologia/separata/articulo-web-_nota_interior-2059863.html
4. Diario el TIEMPO, Ecología. Sólo 350 de los 1.086 municipios disponen de rellenos sanitarios, Mayo 5 de 2005. Disponible en
http://eltiempo.terra.com.co/ecologia/separata/articulo-web-_nota_interior-2059667.html.
5. FAGRO. Cartilla, Abono Orgánico Compost. Disponible en.
<http://www.fagro.edu.uy/~huertas/docs/cartillacompost.pdf>
6. GUIDO ACURIO, ANTONIO ROSSIN, diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el caribe. Pág. 6-8,10, 38, 44-46.
Disponible en. <http://www.iadb.org/sds/doc/ENV107ARossinE.pdf>.
7. IPES. Cartilla Buenas Practicas Ambientales, Los Residuos Problemas y soluciones.
Disponible en. <http://www.lpes.org>.
8. LONDOÑO Nelson, Guarín Hugo. Dimensión Matemática 10. Editorial Norma, 1995. Pág. 255.

9. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, DE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, Diagnostico Integral de Residuos Sólidos y Análisis Brecha. Municipio menores de 50.000 habitantes. Modulo 1. 2005.
10. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, DE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, Decreto 1713 de 2002, Decreto 1505 de 2003. Disponible en.
<http://www.presidencia.gov.co/decretoslinea/2003/junio/04/dec1505040603.pdf>.
11. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, DE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, Resolución 1045 de septiembre 2003.
12. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE, SANEAMIENTO BÁSICO Y AMBIENTAL Guía RAS. 2000. Reglamento Técnico del Sector de agua Potable Y Saneamiento Básico, SECCIÓN I, TÍTULO A, SECCIÓN II Titulo F.
13. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, DE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, Decreto número 838 de 2005. disponible en.
<http://www.presidencia.gov.co/decretoslinea/2005/marzo/23/DEC838230305.pdf>
14. PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE CALDONO – CAUCA, 2005. Pág. 32, 58, 72, 74, 75, 202, 228, 255 - 272, 274, 298.

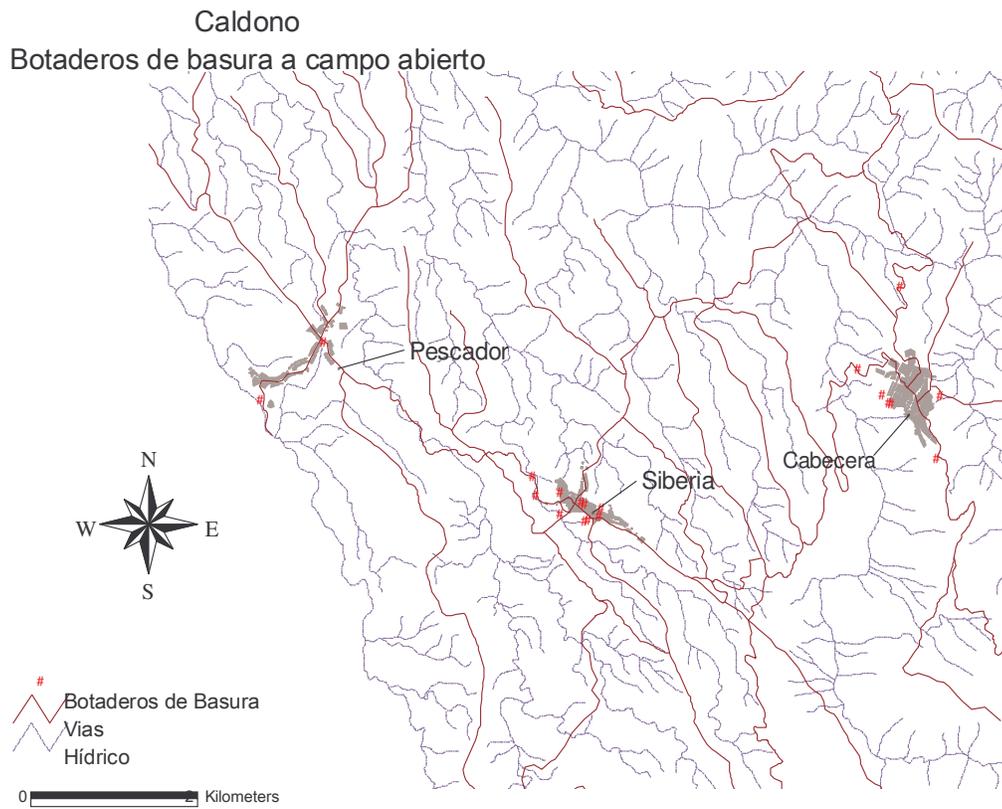
ANEXOS I

Figura1. Disposición de Residuos Sólidos Municipales a Cielo Abierto



Fuente : Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Caldono - Cauca

Figura 2. Identificación de los principales Botaderos de Basura a Cielo Abierto en los Centros Poblados.



Fuente : Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Caldono – Cauca.

Figura 3. Botadero de Basura a Cielo Abierto en el Centro Poblado de Siberia.



Fuente : Propias

Figura 6. Recolección y rotulación de las muestras.



Fuente: Propia.

Figura 7. Caracterización de los residuos Sólidos.



Fuente: Propia.

Figura 18. Jornadas de educación ambiental



Fuente: Propia.

ANEXOS II
CARTILLAS

Los Residuos: Problemas y Soluciones

Los residuos

Son aquellas sustancias, productos o sub-productos resultantes de las actividades del hombre o de los animales. Pueden ser: papeles, cartones, plásticos, chatarra metálica, restos de comida, aceites usados, restos de pinturas, etc.



El problema

Somos parte de una sociedad de consumo, donde la generación de residuos es inherente a nuestra manera de vivir. Actualmente muchos municipios y empresas tienen dificultades para recolectar, transportar, tratar, aprovechar y/o disponer en forma sanitaria todos sus residuos.



La generación excesiva y el inadecuado manejo ocasionan que el suelo, el agua y el aire se contaminen por la presencia de residuos o por la quema de los mismos, afectando nuestro entorno y nuestra vida.

¿Quiénes son los responsables?

Todos somos parte del problema ya que generamos residuos día a día y a veces hasta los tiramos a la calle.

¡Por eso, todos debemos ser parte de la solución!



¿Qué podemos hacer?

- ✓ Colabora con los sistemas de limpieza en tu empresa y en tu barrio, depositando tus residuos en tachos o bolsas adecuadas.
- ✓ Evita arrojar y quemar tus residuos.
- ✓ Todos los municipios tienen que recoger y disponer en forma sanitaria los residuos de nuestras casas. Nos corresponde pagar puntualmente por dicho servicio.
- ✓ Practica e incentiva en tu comunidad las **3R: reduce, reusa y recicla.**



Las 3R

Se trata de un conjunto de acciones que tienen como objetivo reducir la cantidad y la toxicidad de los residuos que producimos diariamente.

Reduce la mayor cantidad de residuos posible.

Reusa todo lo que es posible antes de desecharlo.

Recicla los residuos para elaborar nuevos productos.



Reduce

Es la más importante de las 3R porque evita la generación excesiva de residuos.

Algunas recomendaciones:

- ✓ Planifica y compra solo lo necesario.
- ✓ Escoge y compra productos con poco empaque o de mayor capacidad.
- ✓ Prefiere los productos con envases retornables o al menos reciclables.
- ✓ Disminuye el uso de bolsas plásticas (usa bolsas de tela para el pan, por ejemplo).
- ✓ Escribe, imprime o fotocopia solo lo necesario y usando ambos lados de las hojas.



Reusa

Lo que para unos es basura, para otros es un recurso. Muchos materiales o productos desechados pueden ser reutilizados para su función original o para otros usos.

Algunas recomendaciones:

- ✓ Mantén y repara los artículos que aún se puedan utilizar.
- ✓ Utiliza el papel que ha sido usado por un solo lado para elaborar blocks de notas.
- ✓ Realiza manualidades con algunos residuos.
- ✓ Las bolsas de papel y plástico pueden ser usadas varias veces.
- ✓ Vende o regala los artículos que no usas. No los botes.
- ✓ Busca, en forma creativa, darle otro uso a los envases y materiales que ya no utilizas.

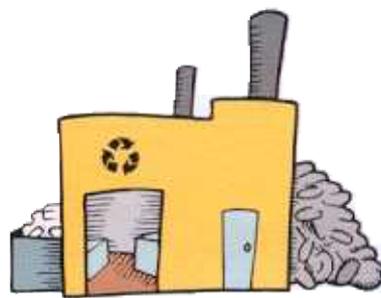


Recicla

Consiste en el aprovechamiento de los residuos para fabricar nuevos productos y, al igual que la reducción y el reuso, debe iniciarse desde el lugar de generación.

Algunas recomendaciones:

- ✓ Separa los residuos que generas en dos grupos: los reciclables y los no reciclables.
- ✓ Promueve la recolección selectiva de residuos en todo lugar.
- ✓ Contáctate con empresas recicladoras para que puedas transferir los residuos que has separado. Pregunta por el Programa **Bolsa de Residuos** del IPES.
- ✓ En la medida de lo posible elabora papel reciclado artesanalmente.
- ✓ Elabora compost (abono orgánico) aprovechando los residuos de comidas, de jardines, etc.



Beneficios de practicar las 3R

Ambientales

- ✓ Disminución de la cantidad de residuos y preservación de los recursos naturales.
- ✓ Disminución de los focos de contaminación ambiental.
- ✓ Empresas y ciudades más limpias.

Sociales

- ✓ Desarrollo de cultura ambiental en todas las personas.
- ✓ Mejor calidad de vida en un ambiente sano.
- ✓ Mayor participación y cambio de actitud de la población.

Económicos

- ✓ Menores costos de recolección y disposición final.
- ✓ Ingresos por la venta de residuos.
- ✓ Mayor vida útil de los rellenos sanitarios.



Esta Cartilla la realizó el IPES con el auspicio de CORDAID de Holanda y forma parte de un conjunto de materiales educativos y de difusión en el marco del proyecto:

“Buenas Prácticas Ambientales”

Equipo Técnico IPES
Ing. Oscar Espinoza
Ing. Libio Villar

IPES
PROMOCIÓN DEL
DESARROLLO SOSTENIBLE

CORDAID

El IPES es una institución privada sin fines de lucro que fomenta la protección ambiental a través del desarrollo de buenas prácticas ambientales en grupos organizados (empresas, centros educativos, organizaciones de base, oficinas, municipalidades, entre otros).

Dirección: Calle Audiencia 194, San Isidro - Lima
Teléfonos: 421-6684 / 421-9722 / 440-6099 Anexo 106
Fax: Anexo 107
E-mail: ipes@ipes.org.pe
Web: www.ipes.org


Esta cartilla ha sido impresa
en papel reciclado.
Gama Gráfica 470-2143



ABONO ORGÁNICO - “Compost”

1 - ¿Qué es?

Es el producto de la transformación de residuos orgánicos en humus, por la acción de diversos organismos (bacterias, hongos, protozoarios, lombrices, etc.); la presencia de humus en el suelo cumple tres funciones:

- ✓ provee elementos nutritivos
- ✓ mejora la estructura, porosidad y retención de agua y aire del suelo
- ✓ aumenta la resistencia de las plantas a enfermedades.



2 - ¿Qué materiales usar?



Productos de rápida descomposición

- ✓ hojas de árboles
- ✓ yuyos
- ✓ pastos
- ✓ estiércol de animales (chanchos, vacas, caballos, gallinas, etc.)

Productos de muy lenta descomposición

- ✓ hojas secas de árboles
- ✓ restos viejos de poda
- ✓ aserrín y virutas

Combinar con

- ✓ restos de cocina (frutas y verduras)
- ✓ restos de plantas
- ✓ paja
- ✓ té, café y yerba



Otros productos que se pueden usar

- ✓ cartones
- ✓ toallas y bolsas de papel
- ✓ hueveras de cartón, etc.

Mejor evitar

- ✓ carne
- ✓ pescado
- ✓ periódicos
- ✓ comida cocida

No compostar

- ✓ excrementos de gatos y perros
- ✓ revistas de papel satinado
- ✓ vidrios, metales y plásticos
- ✓ plantas tóxicas (eucaliptus y nogal)





3 - ¿Cómo hacer compost?

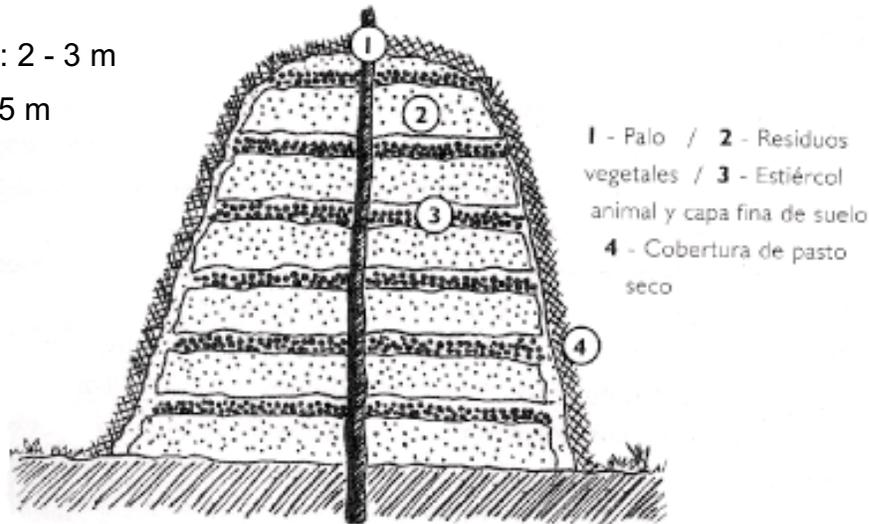
Apilando los distintos materiales que se van a usar formando capas intercaladas de restos de cocina, paja, estiércol y tierra.

Existen distintas formas de hacer el compost:

3.1 - Pila

- Tamaño:

- ✓ Diámetro: 2 - 3 m
- ✓ Altura: 1.5 m



- Como hacerla:

- ✓ elegir un lugar seco y soleado en invierno
- ✓ aflojar los primeros 30 – 60 cm del suelo
- ✓ enterrar en el centro un palo de aprox. 2 m de altura
- ✓ colocar la primera capa con paja y restos secos (ramas, tallos, etc.)
- ✓ agregar una segunda capa con restos de cocina y plantas verdes
- ✓ la siguiente capa se hace con estiércol de animales, sobre esta se coloca una capa de tierra y se riega
- ✓ las capas se repiten hasta alcanzar la altura total de la pila
- ✓ una vez terminada la pila se puede cubrir con paja o dejarla descubierta
- ✓ por último se riega y se retira el palo para favorecer la aireación interna de la pila.

3.2 - Tacho

- Tamaño:

- ✓ tanque de aprox 200 litros
- ✓ sin tapa ni fondo y con agujeros en las paredes





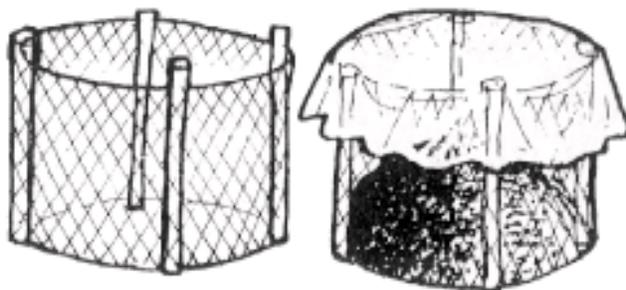
● Como hacerlo:

- ✓ colocamos el tanque separado aprox. 30 cm del suelo (sobre maderas, bloques, ladrillos, etc.), dejando un espacio para poder ir sacando el compost a medida que esté en condiciones de usarse
- ✓ la primera vez los materiales se colocan en capas al igual que en la pila y todos los días se le van agregando los restos de cocina (yerba, café, cáscaras, etc); cada tanto se le agrega una capa de tierra y se remueve un poco para airearlo
- ✓ el tacho debe quedar cubierto para evitar que junte agua de lluvia.

3.3 - Abonera

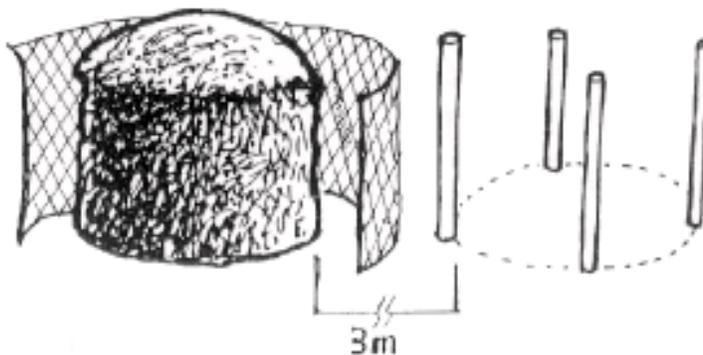
● Tamaño

- ✓ Cuadrado de 1 m de lado
- ✓ Alto: 1 m



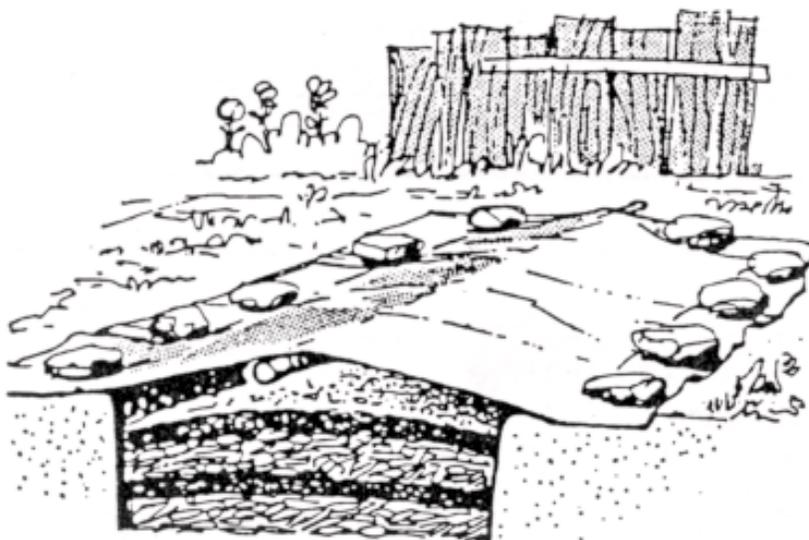
● Como hacerla:

- ✓ se construye un cuadrado con tejido de alambre y palos de las dimensiones elegidas
- ✓ el material se agrega dentro en capas, al igual que en los casos anteriores
- ✓ conviene cubrirlo para evitar que se encharque
- ✓ una vez que el material está disponible se retira el alambre, dejando la pila
- ✓ con el mismo tejido se construye una nueva abonera.



3.4 - Pozo

Consiste en acumular los materiales en pozos o zanjas en el suelo. Para evitar pudriciones por exceso de humedad es conveniente que se realice en suelos secos o bien drenados (arenosos)





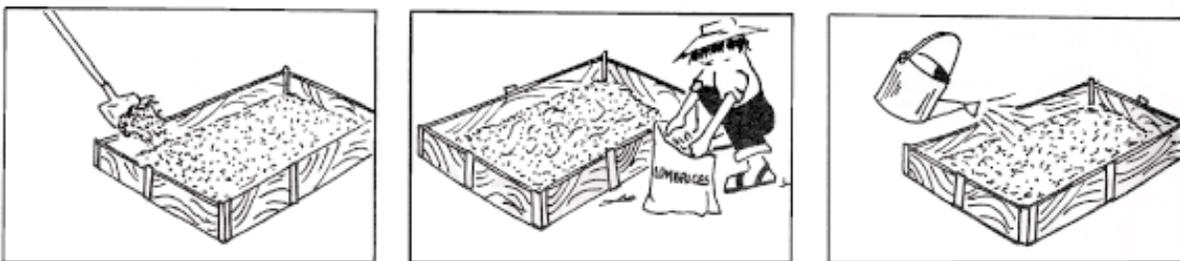
4 - ¿Cómo hacer humus de lombriz?

El humus de lombriz o vermicompostaje es una variante que utiliza lombrices para “digerir” la materia orgánica. Si bien los materiales a utilizar son los mismos, existen algunas diferencias con los sistemas anteriores:

- 1 – tamaño de la pila: la altura no debe superar los 30 – 40 cm (porque en pilas más altas puede generarse un exceso de calor que mate a las lombrices)
- 2 – es conveniente picar el material y mezclarlo
- 3 – no es recomendable utilizar: ajo, cebolla y residuos cítricos

4.1 - ¿Dónde hacerlo?

Se puede hacer tanto en un pozo, sobre el suelo o en canteros contruídos de chapa, maderas, ladrillo, etc.



SUGERENCIA: se pueden combinar ambos sistemas para aprovechar las ventajas que ofrece cada uno realizando un compostaje previo del material que luego será sometido a la acción de las lombrices.

4.2 – ¿Como separar las lombrices del abono?

Las lombrices prefieren los restos frescos y húmedos, por lo tanto la manera de recuperarlas es hacer “trampas” con materiales de estas características. Se recomienda dejar de regar el cantero 3 o 4 días antes de la colocación de las trampas.

Ejemplos:

- ✓ enterrar bolsas agujereadas con restos frescos en su interior y retirarlas a los 7 días (las redcillas que se usan para envasar frutas son ideales)
- ✓ hacer una franja en el centro del cantero con restos frescos y mantener húmeda durante 3 o 4 días, luego retirar esta franja
- ✓ tamizar todo el material en una malla donde queden atrapadas las lombrices, este método también puede ser utilizado como complemento de los anteriores.

5 – Cuidados

Para que que los residuos se descompongan adecuadamente son necesarias condiciones adecuadas de temperatura, humedad y aireación.

El control de la temperatura se realiza a partir de los dos o tres días después de haber preparado el material y se debe tener en cuenta durante todo el proceso. Para ello se introduce la mano en la pila con el objetivo de comprobar si la mezcla está caliente, si está tibia se debe agregar agua. Es conveniente revolver la pila



después de tres semanas de armada y se debe repetir la operación cada 10 días, para favorecer la aireación.

En el vermicompost no es conveniente que la temperatura suba tanto. Además se debe seguir agregando residuos frescos hasta 15 días antes de terminar el proceso. Se debe remover la pila mensualmente.

Para controlar la humedad, en ambos casos, se aprieta el abono con la mano y se observa:

- ✓ si salen gotas, la humedad es adecuada
- ✓ si cae jugo, la humedad es excesiva
- ✓ si no sale nada, le falta humedad y por lo tanto se debe regar.

Durante el verano es necesario regar diariamente para que no se seque.

En caso de mucha lluvia se puede cubrir la pila con un plástico o chapas.



6 - ¿Cuándo está pronto para utilizar?

Cuando el compost está listo:

- ✓ tiene olor agradable
- ✓ color oscuro (se parece a tierra)
- ✓ no se pueden reconocer los materiales iniciales (no hay trozos visibles).

Se estima que el proceso llevará de dos y medio a tres meses.