

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

SUBDIRECCIÓN ADJUNTA DE ENSEÑANZA

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

***“MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL DISTRITO
DE TUIS, CANTÓN DE TURRIALBA, COSTA RICA”.***

Tesis sometida a la consideración del Comité Técnico de Posgrado y Capacitación del Programa de Enseñanza en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar al grado de:

Magister Scientiae

por:

BLANCA NAVA TABLADA


Turrialba, Costa Rica

1996

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la jefatura del Area de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

MAGISTER SCIENTIAE


FIRMANTES:


Ph. D. JUAN ANTONIO AGUIRRE
PROFESOR / CONSEJERO



M.S.c. CARLOS E. HERNANDEZ HERRERO
MIEMBRO DEL COMITE ASESOR


M.S.c. LILLIANA ABARCA GUERRERO
MIEMBRO DEL COMITE ASESOR


M.S.c. MIGUEL CIFUENTES
MIEMBRO DEL COMITE ASESOR


Ph. D. JUAN ANTONIO AGUIRRE
JEFE DEL AREA DE ESTUDIOS
DE POSTGRADO


Ph.D. PEDRO FERREIRA
DIRECTOR DEL PROGRAMA
DE ENSEÑANZA


Biol. BLANCA NAVA TABLADA
CANDIDATA

A DIOS

por acompañarme en cada momento de mi vida

A MIS PADRES Y HERMANAS

por su gran cariño y apoyo moral durante mi estancia en CATIE

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue posible gracias a la ayuda de muchas personas, a los cuales quiero agradecer de manera especial:

Al Ph.D Juan Antonio Aguirre, mi profesor consejero, por toda su comprensión, apoyo y sabia orientación.

A los miembros del comité M.Sc. Liliana Abarca, M.Sc. Carlos Hernández y M.SC. Miguel Cifuentes por su valiosa colaboración, orientación y amistad.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, mi institución donante, y personal que labora en él por todo su apoyo económico.

A Don Miguel Arias, Ejecutivo Municipal de Turrialba y Don José Joaquín Achoy por su colaboración y disposición para la realización de este trabajo.

A toda la comunidad de Tuis por su gran disponibilidad y cooperación en la realización de la fase de campo.

A Jhony Pérez , Gustavo López y Hugo Brenes por su valiosa ayuda durante el análisis de datos.

A Xinia Aguilar, mi amiga, quién apoyo en mi ingreso al programa de maestría y me brindo toda su amistad.

A Rigoberto Aguilar, por su amistad y gran disponibilidad a colaborar, así como demás personal de la biblioteca conmemorativa ORTON.

A mi buen amigo, Henry, por todo su apoyo, paciencia y amistad durante mi estancia en CATIE y en especial durante la fase de campo de este trabajo.

A Oscar, amigo y compañero por su ayuda estadística en la realización de la tesis.

A mis amigos María, Leslie, Magda, Fabiola, René, Erasmo y muchos más por los gratos momentos compartidos.

A Mis compatriotas mexicanos en CATIE por toda su amistad y apoyo.

BIOGRAFIA

El autor nació el 21 de enero de 1969 en la ciudad de Xalapa, Veracruz, México.

Realizó sus estudios primarios en la escuela federal "Cuauhtémoc" los secundarios en la escuela "Técnica No. 3" en Xalapa, Veracruz, México durante los años 1975 a 1981 y 1981 a 1984.

Sus estudios preparatorios los realizó en la escuela "Ricardo Flores Magón" de 1984 a 1986 en la misma ciudad.

En 1986 ingresó a la Universidad Veracruzana de la zona Xalapa, Veracruz graduándose como Licenciada en Biología en 1991, obteniendo titulación automática por promedio.

Laboró como catedrática en la Facultad de Biología de la Universidad Veracruzana de 1992 a 1993; desempeñándose al mismo tiempo como técnico auxiliar de los departamentos de planeación ecológica e impacto ambiental así como del departamento de prevención y control de la contaminación ambiental de la Dirección General de Asuntos Ecológicos del Edo. de Veracruz de 1992 hasta 1994.

Ingreso al programa de maestría del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza en Turrialba, Costa Rica en enero 1995 culminando sus estudios en diciembre de 1996 obteniendo el grado de Magister Scientiae, con énfasis en manejo y conservación de la biodiversidad.

TABLA DE CONTENIDO

| | PAG. |
|--|----------|
| I.- INTRODUCCION..... | 1 |
| 1.1 Objetivo General..... | 4 |
| 1.2 Objetivos Específicos..... | 4 |
| II.- REVISION DE LITERATURA..... | 6 |
| 2.1 Naturaleza del problema | 6 |
| 2.2 Diferencia entre desechos sólidos (DS) y basura | 7 |
| 2.3 Clasificación de los desechos sólidos (DS) | 8 |
| 2.4 Factores que influyen en la composición de los desechos sólidos domésticos..... | 11 |
| 2.5 Proceso de transformación de los desechos sólidos | 12 |
| 2.6 Problemas que origina el inadecuado manejo de los DS..... | 13 |
| 2.6.1 Riesgos directos que atentan contra la salud..... | 14 |
| 2.6.2 Riesgos indirectos que atentan contra la salud | 14 |
| 2.6.3 Efecto de los DS en el ambiente..... | 15 |
| 2.6.3.1 Contaminación del agua | 15 |
| 2.6.3.2 Contaminación del suelo | 16 |
| 2.6.3.3 Contaminación del aire | 16 |
| 2.6.3.4 Contaminación visual | 17 |
| 2.7 Sistemas de tratamiento | 17 |
| 2.8 Disposición final | 20 |
| 2.8.1 Relleno sanitario | 21 |
| 2.9 Equipo de recolección no convencional..... | 23 |
| 2.10 Como se pueden clasificar los DS para reciclarlos y centros de recolección en Costa Rica..... | 24 |
| 2.11 Beneficios del reciclaje | 25 |
| 2.11.1 Ejemplos de reciclaje en otros países | 27 |
| 2.12 Legislación en Costa Rica y aspectos institucionales | 27 |
| 2.12.1 Datos importantes de legislación en otros países | 28 |
| 2.13 Manejo de los DS en Costa Rica | 29 |
| 2.14 Composición de los DS en Costa Rica | 31 |

| | | |
|---|--|-----------|
| 2.15 | Proyecciones de los índices de desechos en Costa Rica para el 2000 | 32 |
| 2.16 | Producción de desechos sólidos en el Cantón de Turrialba | 33 |
| 2.18 | Relación del ingreso económico y la generación de desechos sólidos..... | 34 |
| 2.18.1 | Estudio de determinación de la relación entre consumo eléctrico y la generación de desechos en Costa Rica | 34 |
| 2.18.2 | Estudio de composición de los desechos sólidos según el nivel socioeconómico en Santiago de Chile..... | 35 |
| 2.18.3 | Estudio de composición de los desechos sólidos en la ciudad de México DF por estrato económico | 36 |
| 2.18.4 | Datos del Banco Mundial | 38 |
| III.- MATERIALES Y METODOS..... | | 39 |
| 3.1 | Area de estudio | 39 |
| 3.1.1 | Geografía y clima | 40 |
| 3.1.2 | Población | 40 |
| 3.1.3 | Actividades productivas | 41 |
| 3.2 | Selección de la muestra | 45 |
| 3.3 | Obtención de la desviación estándar y tamaño de muestra poblacional..... | 46 |
| 3.4 | Materiales experimentales..... | 48 |
| 3.4.1 | Material y equipo utilizado | 51 |
| 3.5 | Procedimientos analíticos utilizados..... | 51 |
| 3.5.1 | Estadística descriptiva | 51 |
| 3.5.2 | Análisis de regresión | 52 |
| 3.5.3 | Análisis de conglomerados y discriminante canónico | 53 |
| 3.5.4 | Métodos de análisis de impacto ambiental | 53 |
| 3.5.4.1 | Método de la matriz de Leopold..... | 54 |
| 3.6 | Metodología de trabajo | 57 |
| IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | | 62 |
| * | Diagnosticar la situación actual..... | 63 |
| 4.1 | Manejo de los DS en Tuis..... | 64 |
| 4.2 | Índice de generación de desechos sólidos (DS) o producción per cápita del distrito de Tuis | 67 |
| 4.3 | Producción total de DS al día | 68 |
| 4.4 | Generación de DS al mes..... | 70 |
| 4.5 | Composición porcentual de los desechos sólidos (DS)..... | 71 |
| 4.6 | Determinación de la influencia de la ubicación geográfica sobre el índice de generación y voluntad de pago. | 75 |
| 4.6.1 | Caracterización de las familias del centro de Tuis | 75 |
| 4.6.2 | Caracterización de las familias de la zona circundante (alrededores) al centro de Tuis | 78 |

| | |
|--|------------|
| * Relación entre ingreso, índice de generación y voluntad de pago | 80 |
| 4.7 Relación de la generación de DS, ingreso mensual y voluntad de pago..... | 81 |
| 4.8 Resultados del análisis de regresión..... | 89 |
| 4.9 Resultados del análisis cluster y discriminante canónico..... | 92 |
| * Determinar impactos ambientales | 96 |
| 4.10 Resultado de las visitas oculares y matriz de impacto ambiental..... | 97 |
| 4.10.1 Explicación de la asignación de los grados de impacto..... | 99 |
| * Plan de manejo sugerido | 103 |
| 4.11 Cálculo del volumen de DS para el Distrito de Tuis..... | 104 |
| 4.12 Cálculo del volumen de DS para la zona centro de Tuis..... | 105 |
| 4.13 Determinación de la capacidad del camión recolector para atender solamente a las familias del centro de Tuis | 106 |
| 4.14 Estudio de recuperación de DS orgánicos en Tuis | 108 |
| 4.15 Estudio de recuperación de DS inorgánicos de Tuis..... | 109 |
| 4.16 Costos para ofrecer un sistema de recolección | 111 |
| * Proyecciones para el 2010 | 116 |
| 4.17 Proyección de la población de Tuis para el 2010..... | 117 |
| 4.18 Proyección de la producción total para el 2010..... | 119 |
| V.- CONCLUSIONES | 120 |
| VI.- RECOMENDACIONES | 122 |
| VII.- BIBLIOGRAFIA..... | 124 |
| VII.- ANEXOS | 130 |

LISTA DE CUADROS

| | |
|--|-----|
| Cuadro 1. Índice de generación en algunas ciudades de América ----- | 7 |
| Cuadro 2. Tiempo de descomposición de los desechos sólidos ----- | 13 |
| Cuadro 3. Porcentaje de materiales reciclados en los países más industrializados en el año 1985 ----- | 27 |
| Cuadro 4. Instituciones del sector de D S, legislación y funciones ----- | 28 |
| Cuadro 5. Composición de desechos ordinarios en Costa Rica ----- | 31 |
| Cuadro 6. Cantidad total estimada de D S producidos en 1990 y para el año 2000, en tonelada por día, en Costa Rica ----- | 32 |
| Cuadro 7. Comparación de D S generados en 1989 por rango de población, en Costa Rica ----- | 33 |
| Cuadro 8. Producción de desechos domésticos en el Cantón de Turrialba en 1990 y para el año 2000 ----- | 33 |
| Cuadro 9. Composición de desechos sólidos (día) por casa y por estrato económico en el DF (%) ----- | 37 |
| Cuadro 10. Estimado mundial de desechos sólidos municipales generados (DMS) por clase de ingreso económico en 1990 ----- | 38 |
| Cuadro 11. Viviendas muestreadas y segmento correspondiente ----- | 49 |
| Cuadro 12. Criterios para evaluar el significado de un impacto ----- | 55 |
| Cuadro 13. Generación de desechos sólidos al día por familia en kg ----- | 72 |
| Cuadro 14. Generación de desechos sólidos al día por persona en kg ----- | 72 |
| Cuadro 15. Composición porcentual de DS domiciliarios de Tuis en relación con la Ciudad de Cartago y San José.----- | 73 |
| Cuadro 16. Proporción de la necesidad de un servicio de recolección de desechos en el distrito de Tuis, Turrialba, Costa Rica, 1996 ----- | 77 |
| Cuadro 17. Clase de ingreso vrs generación de DS por familia y por persona, en Tuis, Turrialba, Costa Rica, 1996 ----- | 83 |
| Cuadro 18. Comparación de medias para las variables voluntad de pago, índice de generación de DS por familia y por persona de las 3 clases de ingreso ----- | 87 |
| Cuadro 19. Comparaciones entre tres clases de ingreso según prueba de de Wilcoxon expresado en términos de $\text{prob} > z $ ----- | 87 |
| Cuadro 20. Resultados del análisis de varianza ----- | 91 |
| Cuadro 21. Parámetros estimados de las variables independientes ----- | 91 |
| Cuadro 22. Caracterización de las familias en tres grupos ----- | 92 |
| Cuadro 23. Matriz de Leopold para la identificación de impactos ambientales ----- | 101 |
| Cuadro 24. Matriz de Leopold para la identificación de impactos ambientales ----- | 102 |
| Cuadro 25. Cotización por el sistema de recolección de desechos sólidos domiciliarios en Tuis, Turrialba, Costa Rica ----- | 114 |
| Cuadro 26. Incremento de la población del Distrito de Tuis Turrialba, Costa Rica, 1996 ----- | 117 |
| Cuadro 27. Cálculo del incremento anual de la población de Tuis Turrialba, Costa Rica, 1996 ----- | 118 |
| Cuadro 28. Porcentaje de las familias encuestadas que utilizan diferentes destinos para el manejo de los DS en Tuis ----- | 154 |
| Cuadro 29. Porcentaje de los tipos de ocupación en Tuis ----- | 160 |
| Cuadro 30. Porcentaje de las diferentes sugerencias con respecto al manejo de los DS en Tuis ----- | 161 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1 Producción de desechos sólidos en el mundo..... | 2 |
| Figura 2 Perspectiva del relleno sanitario | 22 |
| Figura 3 Corte longitudinal del relleno sanitario | 22 |
| Figura 4 Relleno sanitario de Turrialba en operación | 30 |
| Figura 5 Relleno sanitario de Turrialba en operación | 30 |
| Figura 6 Localización geográfica del área de estudio | 43 |
| Figura 7 Vista de Tuis centro..... | 44 |
| Figura 8 Vista del río Tuis | 44 |
| Figura 9 Mapa detallado del distrito de Tuis mostrando segmentos censales | 50 |
| Figura 10 Composición porcentual de DS producidos por familia al día | 72 |
| Figura 11 Composición porcentual de DS generados por persona al día | 72 |
| Figura 12 Relación del ingreso mensual vrs generación de desechos sólidos al día por familia en Tuis, Turrialba, Costa Rica, 1996 | 84 |
| Figura 13 Relación del ingreso mensual vrs voluntad de pago para recibir un sistema de recolección en Tuis, Turrialba, CR, 1996 | 84 |
| Figura 14 Porcentaje de las clases de ingreso en Tuis | 85 |
| Figura 15 Variables canónicas y los 3 grupos..... | 95 |
| Figura 16 Sistema propuesto para el manejo de los desechos sólidos en Tuis..... | 113 |
| Figura 17 Percepción del problema del manejo de desechos sólidos | 157 |
| Figura 18 Necesidad de recolección de desechos sólidos..... | 158 |
| Figura 19 Frecuencia de recolección de desechos sólidos..... | 159 |

LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1 Artículos que se fabrican con desechos sólidos
- Anexo 2 Artículos que se fabrican con desechos sólidos
- Anexo 3 Artículos que se fabrican con desechos sólidos
- Anexo 4 Carretas y remolque de tracción animal
- Anexo 5 Triciclo
- Anexo 6 Carretas de tracción humana
- Anexo 7 Recolección secundaria
- Anexo 8 Información sobre centros de recolección en Costa Rica
- Anexo 9 Compradores industriales de desechos en el valle central, Costa Rica
- Anexo 10 Datos del muestreo en Tuis, Turrialba, Costa Rica, 1996
- Anexo 11 Encuesta de generación de DS y voluntad de pago en Tuis, Turrialba, Costa Rica, 1996
- Anexo 12 Datos provenientes de las familias encuestadas en Tuis, Turrialba, Costa Rica, 1996
- Anexo 13 Significado de las variables utilizadas
- Anexo 14 Codificación de algunas variables
- Anexo 15 Estadísticas descriptivas de las variables codificadas y lógicas de la población de Tuis
- Anexo 16 Índice de generación de desechos sólidos al día dependiendo del nivel de ingreso
- Anexo 17 Índice de generación de desechos sólidos dependiendo de la voluntad de pago
- Anexo 18 Índice de generación de desechos sólidos por familia y persona dependiendo del nivel de ingreso y voluntad de pago
- Anexo 19 Índice de generación de desechos al día por familia y persona dependiendo del código censal y problema de manejo
- Anexo 20 Cálculo del número de estaciones para Tuis centro

Nava, T. B. 1996. Manejo de los desechos sólidos en el distrito de Tuis, cantón de Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica. CATIE 164 p

Palabras clave: desechos sólidos, índice de generación, Tuis, ambiente, voluntad de pago, producción per cápita.

RESUMEN

En Costa Rica como en la mayoría de los países el manejo de los desechos sólidos ha llegado a tener gran importancia debido a las efectos negativos que estos provocan, como son la contaminación del suelo, agua, aire y daños a la salud.

El presente trabajo realizado en el distrito de Tuis durante noviembre 1995 a noviembre 1996; responde a la solicitud de la Municipalidad de Turrialba de realizarlo en dicha zona. Tuis actualmente carece de servicio de recolección de desechos sólidos, por lo que en años pasados las personas tiraban los desechos en el sitio denominado "el tajo", a orillas del río Tuis dañando el ambiente y el paisaje. Actualmente los habitantes de Tuis han ideado técnicas como son enterrar, quemar o reutilizar algunos de los desechos ya que a la Municipalidad no le es posible brindarles el servicio por falta de recursos económicos y logísticos.

De la misma forma una de las principales razones para la realización del estudio es que la mayoría de los cálculos realizados de generación de desechos sólidos para localidades pequeñas del sector rural han sido inferidos de valores obtenidos del cantón de San José, por lo que las cifras se han sobrestimado.

Los principales objetivos del estudio son: realizar un diagnóstico de la situación actual del manejo de los desechos sólidos en Tuis; conocer la relación que tiene el ingreso económico sobre el índice de generación de desechos sólidos y la voluntad de pago para recibir un sistema de recolección; determinar los impactos al aire, agua, suelo y paisaje ocasionados por el actual manejo de los desechos sólidos y finalmente sugerir un plan de manejo de los mismos.

Para cumplir con los objetivos mencionados se realizó un muestreo en 85 viviendas del distrito elegidas al azar aplicando una encuesta y pesando los desechos previamente clasificados (materia orgánica, vidrio, metal, plástico, papel sanitario, papel de escribir y otros) y producidos durante 7 días. Se tomaron asimismo datos del ambiente para determinar el impacto de los desechos sólidos, utilizando la matriz de Leopold modificada.

Los datos provenientes de las encuestas fueron analizados utilizando estadísticas descriptivas, análisis cluster, análisis de regresión, análisis discriminante canónico y la matriz de impacto ambiental de Leopold obteniendo los siguientes resultados:

Gran porcentaje de las familias encuestadas principalmente del centro de Tuis consideran un problema el manejo de los desechos debido a que carecen de un sitio donde enterrarlos, por lo que el 82% de las familias estarían de acuerdo en que se implementara un sistema recolector ya que desechos como el vidrio y metal les ocasionan muchos problemas.

El índice de generación de desechos sólidos por diario o producción per cápita (ppc) es de 0,218 kg/hab/día, similar al reportado para comunidades rurales y zonas marginales de América Latina.

Se comprobó que existe relación entre el ingreso económico y la generación de desechos sólidos; asimismo que el ingreso tiene influencia sobre la voluntad de pago para recibir un sistema recolector.

Respecto al ambiente no se considera un problema el actual manejo de los desechos sólidos pues la mayoría de la población tiene alta conciencia ecológica.

Finalmente se sugirieron algunas formas de manejo de los desechos sólidos considerando que únicamente a las personas del centro se les recolectaría la materia orgánica para aminorar la cantidad de estos desechos, asimismo ellos podrían entregar papel, vidrio, plástico y otros en un pequeño centro de acopio con la finalidad de reciclar este material o como última alternativa depositarlo en el relleno sanitario de Turrialba. A las personas que habitan en los alrededores de Tuis únicamente les sería recolectado una vez por mes material reciclable.

Este servicio sería más factible ofrecerlo por la Municipalidad de acuerdo a lo propuesto (cada 25 días ó 15 veces por año). A partir de los cálculos realizados pueden surgir muchas alternativas para el plan de manejo.

Nava, T. B. 1996. Management of solid waste in the district of Tuis, county of Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica. CATIE 164 p

Key words: solid waste, generation index, Tuis, environment, will to pay, production per capita.

SUMMARY

In Costa Rica as in most countries the management of solid waste has become very important due to the negative effects it causes such as soil, water and air contamination as well as damage to health.

This study took place in the district of Tuis from November 1995 to November 1996 in response to the request of the Municipality of Turrialba to have a study take place there. Tuis currently lacks a solid waste collection service. In past years, people have thrown their waste along the banks of the Tuis river, at a site known as "El Tajo" where the garbage damages both the environment and the landscape. The residents of Tuis have presently developed some techniques such as burying, burning or reusing some garbage since the Municipality is not able to offer collection service due to lack of economic and logistic resources.

In relation to this, one of the principal reasons for this study is the overestimation of many calculations of solid waste generation for small localities in the rural sector, as the values obtained have been inferred from the county of San José.

The principal objectives of the study are: to make an evaluation of current solid waste management in Tuis, to recognize the relationship that economic income has with the solid waste generation index and the will to pay for a collection system; to determine the impacts caused by current solid waste management on the air, water, soil and landscape and finally to suggest a management plan for the same.

To achieve the above objectives a sample of 85 homes in the district was chosen at random. They were given a survey and their wastes, classified as organic material, glass, metal, plastic, toilet paper, writing paper and other, were weighed during a period of seven days. Likewise, environmental data was taken to determine the impact of solid waste, using the modified Leopold matrix.

The data from the survey was analyzed using descriptive statistics, cluster analysis, regression analysis, canonic discriminant analysis and Leopold's environmental impact matrix, obtaining the following results:

A great percentage of surveyed families, mainly from the centre of Tuis, consider waste management a problem due to a lack of a waste burial site. Eighty-two percent of families would be in agreement to implement a collection system as wastes such as glass and metal cause a lot of problems.

The daily waste generation index or per capita production (ppc) is 0.218 kg/person/day similar to that reported for rural communities and suburbs of Latin America.

The study indicated an existing relationship between economic income and solid waste generation; likewise income influences the will to pay for a collection system.

In respect to the environment, the current management of solid waste is not considered a problem as the majority of the population is ecologically conscientious.

Finally some forms of solid waste management were suggested considering that only from people of the town centre would organic material be collected, to try to reduce this type of waste. Likewise, they could bring paper, glass, plastic and other wastes to a deposit centre for recycling or as a last alternative to depositing it in the landfill site in Turrialba. Recyclable material would be collected once a month from those people living in the outskirts of Tuis.

This service would be most feasible if offered by the Municipality according to a proposal (every 15 days or 15 times per year). The results of the study may also suggest many alternatives for a management plan.

I.- INTRODUCCION

En los últimos años el crecimiento desmedido de la población, así como el desarrollo industrial, la urbanización y otros procesos resultantes del crecimiento experimentado por los países de América Latina y el Caribe, han venido produciendo un incremento considerable en la cantidad y variedad de los desechos sólidos generados convirtiéndose en un grave problema no sólo ambiental, sino además económico y social.

Actualmente se producen en el mundo cuatro millones de toneladas de desechos domésticos urbanos e industriales diarios; lo que equivale a 20 millones de metros cúbicos que ocuparían un recipiente de base cuadrada de un kilómetro por lado y 200 metros de altura (Figura 1). Solo un 30% de estos desechos se trata y el resto constituye un serio problema ecológico, higiénico, sanitario, político, social y económico, ya que el costo de la recolección, transporte y eliminación es cada vez más caro (Deffis, 1989).

Una de las principales preocupaciones actuales del Gobierno de Costa Rica es resolver el problema de contaminación provocado por la generación y disposición final de los desechos sólidos o basura como se le conoce corrientemente, especialmente en las ciudades medias, donde se han generado diversos problemas ambientales, sociales y de salud en la población (Castro et al., 1994).

En la Gran Area Metropolitana (G.A.M.), de San José, Costa Rica se producen diariamente 1600 toneladas de desechos sólidos, de las cuales más de la mitad termina contaminando los ríos, parques, lotes baldíos, calles etc. produciendo una serie de problemas como son: proliferación de fauna nociva (moscas, ratas y cucarachas), emisión de malos olores e incendios repentinos que afectan a la salud, contaminación al suelo y subsuelos por lixiviados y deterioro del paisaje (Castro et al., 1994).

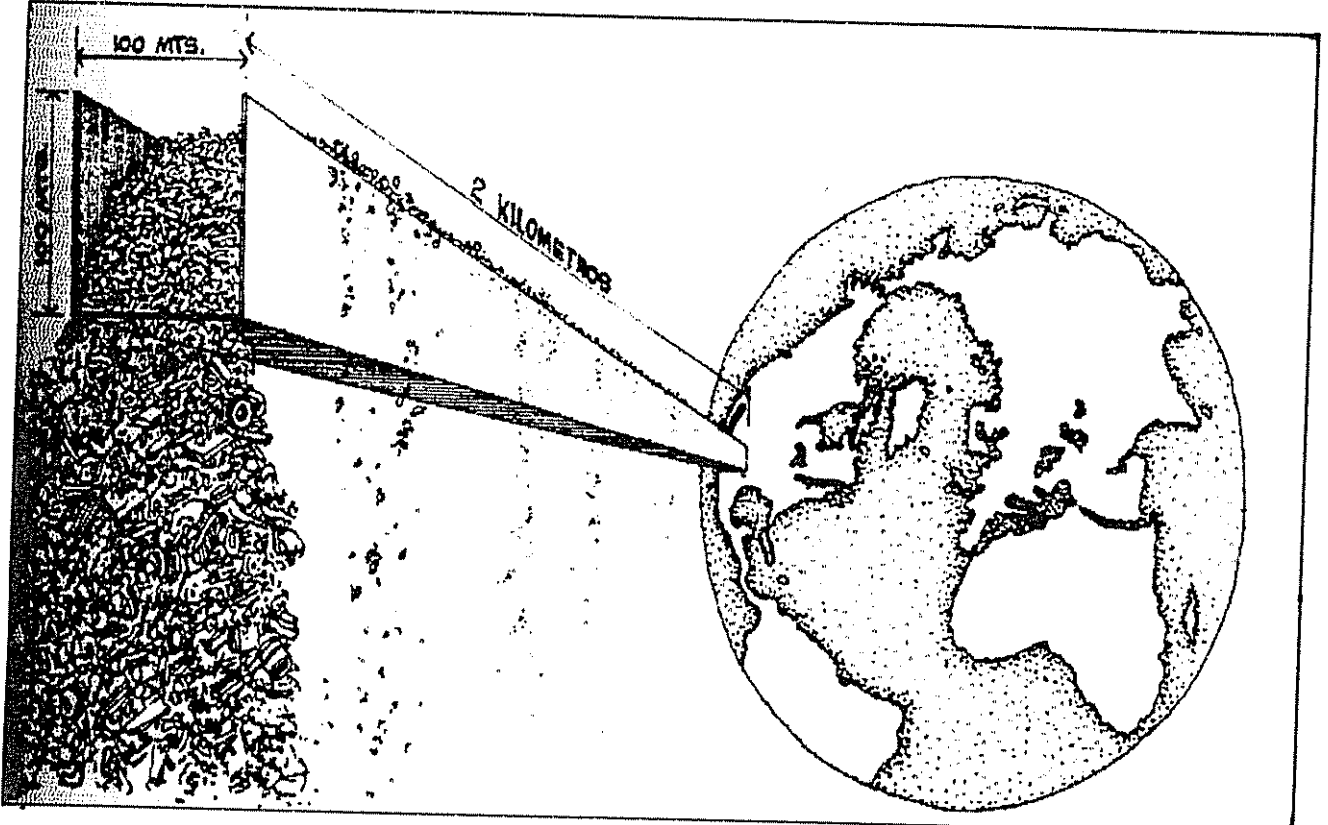


Figura 1 Producción de desechos sólidos en el mundo

Fuente: Deffis, 1989.

Los problemas ocasionados por el inadecuado manejo de estos desechos están afectando, tanto a las grandes ciudades y sus zonas marginales, como a las pequeñas poblaciones rurales. En muchos cantones de Costa Rica el manejo empírico del servicio de aseo urbano, con una evidente falta de criterios técnicos, económicos y sociales, ha ocasionado que este servicio carezca de una adecuada planificación y organización (Jaramillo, 1991). Lo mencionado anteriormente podría controlarse, si se tomaran las medidas de prevención adecuadas -reducción, reutilización y reciclaje de los desechos sólidos- y la disposición final se realizara en una forma adecuada.

Es obvio que este problema no se limita a los desechos que se generan en el hogar sino también aquellos a nivel comercial, industrial, agrícola, empresarial e institucional donde se producen también grandes cantidades, lo interesante es que un alto porcentaje de los mismos son reutilizables o reciclables, como son: papel, cartón, vidrio, aluminio y otros.

Para el caso de interés el Distrito de Tuis ubicado en el cantón de Turrialba, provincia de Cartago, se caracteriza por un nivel de aseo en general bastante bueno; a pesar de ello, en ocasiones los desechos se concentran, en las orillas del río Tuis, pequeños caminos, lotes baldíos y algunas quebradas. Lo anterior, puede explicarse debido a diversos factores: falta de espacio en los patios para enterrar sus desechos, falta de información de la población con respecto del correcto manejo de los desechos sólidos o simplemente desinterés de las personas por los daños que le puedan ocasionar al medio ambiente, a los vecinos o a su propia salud.

Por otra parte, la Municipalidad de Turrialba tiene problemas económicos y logísticos para poder brindar el servicio de recolección, debido a que Tuis se ubica a 15 km de Turrialba (aproximadamente 20 minutos) y aunado a esto la falta de voluntad de pago para recibir un sistema recolector, ocasionada por el bajo ingreso económico que perciben los habitantes de Tuis, es otra causa le dificulta a la Municipalidad proporcionar dicho servicio.

Uno de los principales objetivos del estudio tiene su sustento en que, aunque existen numerosas publicaciones y estudios de la producción de desechos sólidos por persona al día en Costa Rica (PPC), la mayoría de ellos fueron realizados con valores obtenidos del Cantón de San José donde es conocida la producción total, por lo cuál al querer inferir estos resultados se ha sobrestimado la cantidad de desechos que producen las localidades urbanas medianas y pequeñas y el sector rural del país (GTZ, 1991).

Con el presente trabajo el CATIE a través de su programa de proyección a las comunidades pretende realizar un diagnóstico de la problemática de los desechos sólidos en el Distrito de Tuis y brindar opciones que estén al alcance de la Municipalidad para efficientizar el sistema de manejo de los desechos sólidos en lo referente a la clasificación, reutilización, recolección, transporte, tratamiento y disposición final en coordinación con la Municipalidad y con los habitantes involucrados.

Los objetivos e hipótesis que se plantearon para el estudio fueron los siguientes:

1.1 Objetivo General

Realizar un estudio integral sobre el manejo de desechos sólidos en la comunidad de Tuis, Distrito 7° del Cantón de Turrialba y brindar recomendaciones para la adopción de medidas de manejo que minimicen el impacto que estos tienen sobre el ambiente.

1.2 Objetivos Específicos

1. Diagnosticar la situación actual referente a la producción, clasificación, reciclaje, recolección, transporte y disposición final de los desechos sólidos de Tuis; cuantificando la cantidad de desechos producidos a nivel domiciliario.

2. Relacionar el ingreso económico de las familias con la producción de desechos sólidos así como determinar la voluntad de pago¹ de los habitantes muestreados; para establecer un sistema de manejo integral de los desechos sólidos que incluya (reducción, reutilización, clasificación, reciclaje, recolección, transporte, tratamiento y disposición final).
3. Determinar los impactos ambientales al aire, agua y suelo originados por el actual manejo de los desechos sólidos.
4. Proponer un Plan de Manejo de desechos sólidos como una solución a la problemática ambiental existente derivada de su inadecuado manejo.

1.3 Hipótesis de Trabajo

- El manejo actual de los desechos sólidos producidos por los habitantes de Tuis constituyen un problema de contaminación al ambiente.
- El índice de generación de desechos sólidos (kg/habitante/día) está directamente relacionado con el nivel de ingreso familiar.
- El ingreso económico de los habitantes de Tuis determina la voluntad de pago para establecer el servicio de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos.

¹ Método de valoración contingente, representa la cantidad de dinero que los individuos están dispuestos a pagar por evitar un daño ambiental (GTZ et al , 1996)

II.- REVISION DE LITERATURA

2.1 Naturaleza del problema

Desde su aparición en la tierra, la humanidad ha generado desechos. En un principio la vida fue muy sencilla y el consumo se limitó a la subsistencia, pero con el desmesurado crecimiento de la población mundial y su concentración en grandes ciudades este problema se ha agudizado. Existen evidencias que la contaminación existente ha sobrepasado los límites de tolerancia del ecosistema y que la humanidad esta inmersa en una crisis debido a la sobreproducción de desechos y su mal manejo (Hernández, 1995)

La sociedad moderna se caracteriza por su enorme capacidad de consumo. Las personas generan gran cantidad de desechos como resultado de sus malos hábitos de consumo y estilos de vida, siendo la cantidad de desechos que se genera por habitante un índice que se relaciona directamente con el nivel de vida de la comunidad: "el que consume más produce más basura" (Castro et al, 1994). De acuerdo con Deffis, (1989) la cantidad de desechos sólidos que produce cada habitante es un índice que se relaciona directamente con el nivel de vida de la comunidad a la que pertenece y el grado de industrialización del lugar donde proviene.

Se estima para el caso de San José que cada persona en promedio genera 0,8 kilogramos de desechos al día, lo cuál equivale a la generación de desechos de Japón y para las comunidades pequeñas se calcula en 0,3 kg/hab/día (Gob. de Costa Rica; GTZ, 1991).

En toda actividad que realiza el hombre ya sea comercial, industrial, agrícola, social ó doméstica, la huella de su paso se hace notoria por una pesada carga de desechos o desechos sólidos. A nivel urbano esta situación se agrava por cuanto se calcula que para el año 2000 el 47% de los habitantes del mundo estará concentrado en ciudades ó en sus proximidades (Tuchman, 1991).

En la mayoría de los casos los desechos no se manejan de manera adecuada, contaminando así los tres recursos más valiosos: suelo, tierra y aire. En el siguiente cuadro se observan algunos datos sobre el índice de generación de desechos sólidos para algunas de las grandes ciudades de América:

Cuadro 1. Índice de Generación de desechos en algunas ciudades de América

| Ciudad y País | Índice de Generación (kg/hab/día) | Año |
|----------------------|-----------------------------------|------|
| San José, Costa Rica | 0,8 | 1991 |
| Santiago, Chile | 0,82 | 1996 |
| México DF., México | 0,75 | 1989 |
| Nueva York, EUA | 2,0 | 1989 |

Fuentes: Gob de Costa Rica; GTZ, 1991; Arellano et al, 1996; Deffis, 1989; Kharbanda; Stallworthy, 1990

2.2 Diferencia entre desechos sólidos (DS) y basura

Desechos sólidos ² son los materiales, objetos, sustancias o recursos sobrantes provenientes de las casas de habitación (domésticos) sin aparente uso directo cuyo propietario quiere deshacerse de ellos, también contempla los desechos que se producen en sitios públicos o privados como son los establecimientos y centros comerciales, escuelas, calles, parques, construcciones y demoliciones, etc. (no domésticos).

Técnicamente, a los desechos generados en estos sitios se les denomina desechos sólidos municipales. Por lo tanto, no se incluyen los desechos industriales y tampoco los de hospitales, clínicas, sanatorios y laboratorios, los cuales deben ser sujetos a un manejo de confinamiento y/o incineración especial (Gob. del Edo. de Veracruz et al, 1994).

² La palabra sólido es imprecisa, pues gran parte de los contaminantes líquidos y gaseosos son, en realidad suspensiones de sólidos en esos medios

Siendo la principal característica de los desechos sólidos que se pueden reutilizar o reciclar como materia prima en otro proceso secundario y los que no se pueden reutilizar como materia prima útil para otro proceso salen del sistema productivo y se convierten en basura (Hernández, 1995).

2.3 Clasificación de los desechos sólidos (DS)

Existen varias clasificaciones de acuerdo con el autor y lugar al que se esté haciendo referencia. En este caso se citará principalmente la clasificación empleada por el Instituto Tecnológico de Costa Rica et al, 1995 :

- I- Por su composición química;
- II- Por el tratamiento y origen; y
- III- Por el tiempo que tardan en desaparecer.

Cada clasificación se subdivide en :

I.- Por su composición química

- A) Orgánicos : de origen vegetal o animal
- B) Inorgánicos : de origen mineral

II.- Por el tipo de tratamiento y origen

A) Desechos sólidos ordinarios: no requieren tratamiento especial antes de ser dispuestos y se clasifican en :

- 1) Desechos sólidos domésticos y similares
- 2) Escombros
- 3) Lodos decantados de aguas residuales y tanques sépticos

B) Desechos sólidos especiales: llamados también desechos sólidos peligrosos, son sólidos que por su reactividad química, sus características tóxicas explosivas, corrosivas, radiactivas, biológicas u otras, o bien por su cantidad, causan daños a la salud o al ambiente. Necesitan de un manejo especial y vigilancia desde su generación hasta su disposición final. Estos desechos se agrupan en:

- 1) Industriales ordinarios
- 2) Hospitalarios
- 3) Industriales peligrosos
- 4) Agroindustriales
- 5) Cuerpos de animales
- 6) Radiactivos
- 7) Domésticos peligrosos

III. - Por el tiempo que tardan en desaparecer

A) Biodegradables : rápida descomposición y vuelven a entrar al ciclo biológico (plantas, animales y restos de alimentos).

B) No Biodegradables : permanecen en el ambiente por mucho tiempo (vidrio plástico y metales). Este grupo se puede dividir en dos subgrupos:

- 1) Recuperables: pueden ser reusados y reutilizados.
- 2) No recuperables: aún no existe tecnología para su recuperación (Instituto Tecnológico de Costa Rica, 1995).

En el Plan Nacional de Manejo de Desechos estos son clasificados principalmente en dos grupos: ordinarios y especiales. Dentro de los ordinarios podemos encontrar a los desechos domésticos y similares, escombros y como especiales encontramos a los hospitalarios, industriales peligrosos y agroindustriales (Gobierno de Costa Rica; GTZ, 1991).

De acuerdo con Hernández, (1995) los desechos se clasifican, primero por su estado físico (sólidos, líquidos o gaseosos). Luego, es importante identificar su origen (ordinarios o domésticos, industriales, agroindustriales, comerciales, hospitalarios, etc). Adicionalmente, es necesario indicar si son degradables o no degradables. El siguiente paso es determinar la forma en que los desechos ingresan al ambiente, el cual nos permite clasificarlos en puntuales (ingresan en un punto específico o ubicación definida) o no puntuales (ingresan en forma dispersa). Finalmente es de suma importancia indicar el grado de riesgo, peligro o molestia que estos representan para los seres humanos. Una vez que un desecho es clasificado y subclasificado, es posibles definir las alternativas de manejo y tratamientos disponibles.

2.4 Factores que influyen en la composición de los desechos sólidos domésticos

La composición de los desechos domésticos varía según varios elementos, pero depende esencialmente:

- *Del nivel de vida.*

El aumento del nivel de vida produce aumento de los embalajes y botes de conservas, plásticos, papeles, cartones; por el contrario, disminuyen los desechos de alimentos, verduras, restos de carnes, grasas y cenizas.

- *De la estación del año.*

Como es lógico en verano se producen más desechos de verduras y frutas, y en invierno cenizas y otro tipo de desechos como botellas de licor, latas y envolturas.

- *Del modo de vivir de la población.*

En efecto el modo de vivir en los grandes edificios de apartamentos es muy diferente del antiguo en pequeñas casas, en las que todos los productos se cocinaban personalmente, y se consumían muchas verduras naturales.

- *En zonas turísticas.*

El turista no produce el mismo tipo de desechos que cuando se encuentra en su vivienda habitual.

- *Según el clima.*

Han variado los métodos antiguos de calefacción a carbón o leña, con la producción de la gran cantidad de cenizas, por los sistemas de gas-oil, para gas o electricidad.

- *Según el día de la semana.*

Los desechos producidos durante los días de trabajo no tienen la misma composición que los producidos en días festivos (López et al, 1975).

Además de las características técnicas de los desechos sólidos, habrá que tener en cuenta:

- La humedad que dependerá del clima y del nivel de vida de la población, en verano los desechos tienen más humedad.
- El poder calorífico de los desechos es más alto en invierno debido a las cenizas que lleva. La tendencia es a aumentar por llevar cada vez más cantidad de papel, cartón y plásticos.
- Cantidad de materia orgánica con tendencia a disminuir (López, et al, 1975).

2.5 Proceso de transformación de los desechos sólidos

Como resultado de los mecanismos de descomposición que ocurren en los desechos sólidos se generan líquidos, gases y productos intermedios. Algunos quedan retenidos en los poros del terreno mientras que otros pueden ser arrastrados y/o solubilizados por los líquidos que atraviesan las capas de tierra y de desechos.

La extracción de los compuestos solubles de los desechos o de sus productos de degradación, así como también el arrastre de los suspendidos por el agua que atraviesa el manto, da origen a los líquidos percolados (lixiviados). Esta agua puede provenir del escurrimiento superficial, de lluvias, de fuente próxima por inundación o entrada lateral a través del terreno; por elevación de las aguas subterráneas y permeabilidad de los suelos de base del relleno o de los mismos desechos y su descomposición (Font, 1993).

El tiempo de descomposición para cada uno de los desechos sólidos varía de acuerdo con las características químicas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tiempo de descomposición de los desechos sólidos

| Desecho Sólido | Tiempo que tarda en desaparecer |
|--|---------------------------------|
| Desechos orgánicos | 2 - 4 semanas |
| Papel bond | 3 - 8 semanas |
| Material de algodón, lino (no sintético) | 1 - 5 meses |
| Trozos de metal | 1 - 5 meses |
| Mecate | 3 - 14 meses |
| Calcetín de lana | 1 año |
| Celofán | 1 - 2 años |
| Varilla de bambú | 1 - 3 años |
| Zapato de cuero (no sintético) | 3 - 5 años |
| Estaca de madera | 13 años |
| Envases de lata | 100 años |
| Envases de aluminio | 200 - 500 años |
| Materiales plásticos | 450 años |
| Envases de vidrio, cerámica, loza, vinil y envases Tetra Brik y Tetra Pak. | indefinido |

Fuente: Instituto Tecnológico de Costa Rica, 1995; Club Ecológico Yiski, 1996

2.6 Problemas que origina el inadecuado manejo de los DS

El problema de los desechos sólidos en la mayoría de los países, y particularmente en determinadas regiones, se viene agravando como consecuencia del acelerado crecimiento de la población y concentración en las áreas urbanas, del desarrollo industrial, los cambios de hábitos de consumo y mejor nivel de vida, así como también debido a otra serie de factores que conllevan a la contaminación del medio ambiente y del deterioro de los recursos naturales.

Desafortunadamente, el desarrollo de cualquier región viene acompañado de una mayor producción de desechos sólidos y, sin duda siendo un papel importante entre los distintos factores que afectan a la salud de la comunidad. Por lo que esto constituye un motivo importante para que se implementen las soluciones adecuadas para resolver los problemas de manejo y su disposición final (Jaramillo, 1991).

2.6.1 Riesgos directos que atentan contra la salud

Estos riesgos son ocasionados por el contacto directo con los desechos, que a veces contiene excrementos humanos y de animales; las personas más expuestas son los recolectores, debido a la manipulación de recipientes inadecuados para el almacenamiento de los desechos, al uso de equipos inapropiados y por carecer de ropa limpia, guantes y zapatos de seguridad. En la misma situación se encuentran los segregadores, cuya actividad de separación y selección de materiales es realizada en las peores condiciones y sin la más mínima protección (Jaramillo, 1991).

2.6.2 Riesgos indirectos que atentan contra la salud

- ◆ Proliferación de vectores sanitarios. Son riesgos indirectos que afectan al público en general, se originan por la proliferación de moscas, mosquitos, ratas y cucarachas que encuentran en los desechos el medio propicio para reproducirse.
- ◆ Alimentación de animales como cerdos, aves etc. con basura no con restos de comida; esta práctica no es recomendada como medio de disposición final, pues se corre el riesgo de dañar la salud pública.
- ◆ Accidentes aéreos y terrestres, por la disminución de la visibilidad debido a los humos y aves en los botaderos de desechos sólidos cerca a aeropuertos y carreteras (Jaramillo, 1991).

2.6.3 Efecto de los DS en el ambiente

El efecto ambiental más obvio del manejo inadecuado de los desechos es el deterioro estético de las ciudades y la degradación del paisaje natural ocasionado por la basura regada sin ninguna precaución.

2.6.3.1 Contaminación del agua

La contaminación de las aguas superficiales y subterráneas es el efecto ambiental más serio pero menos reconocido, ocasionado por el vertimiento de desechos a los ríos y quebradas, y por el líquido percolado de los botaderos a cielo abierto, respectivamente.

La descarga de desechos en las corrientes de agua, incrementa la carga orgánica y disminuye el oxígeno disuelto; aumenta los nutrientes y algas que dan lugar a la eutroficación causando la muerte de peces y generando malos olores. De la misma forma su abandono en las vías públicas trae consigo la obstrucción de los alcantarillados (Jaramillo, 1991).

Los principales efectos de la contaminación sobre las aguas son: a) deterioro de su aspecto físico: olor, color, turbiedad, sabor; b) deterioro de los aspectos químicos: acidez, alcalinidad, incorporación de sustancias tóxicas como metales pesados: cromo, cadmio, mercurio, plomo, talio, arsénico, antimonio, selenio, estaño y otros como cianuros orgánicos e inorgánicos, plaguicidas etc. Los lixiviados también pueden agotar el oxígeno de los cuerpos de agua y matar la vida en ese medio, muchos de los componentes tóxicos mencionados se encuentran en tintas, pinturas, barnices, baterías, equipo electrónico, celdas fotoeléctricas, material de fotografía, fotocopiadoras, cerámica (Agencia Española de Cooperación Internacional, 1995).

2.6.3.2 Contaminación del suelo

El abandono y acumulación de los desechos sólidos a cielo abierto produce un deterioro estético y desvaloración del terreno y áreas vecinas, así como la contaminación del suelo debido a las sustancias peligrosas que allí se depositan sin ningún control (Jaramillo, 1991).

Los desechos sólidos cuando son vertidos en forma inadecuada en el suelo constituyen uno de los factores de contaminación, alteran el ambiente y atraen a fauna nociva como ratas, moscas y mosquitos. Si los desechos provienen de las industrias, el suelo se puede ver alterado al quedar salinizado o acidificado, condenándolo con esto a la esterilidad y favoreciendo los procesos de erosión. Los lixiviados pueden llegar a las aguas subterráneas por medio del suelo si este no es lo suficientemente impermeable, y contaminarlo (Agencia Española de Cooperación Internacional, 1995).

2.6.3.3 Contaminación del aire

El impacto negativo al aire en botaderos a cielo abierto es ocasionado por la presencia de incendios repentinos y humos que causan irritaciones nasales, a los ojos y afecciones pulmonares, además de las molestias originadas por la emisión de malos olores (Jaramillo, 1991).

La incineración de los desechos sólidos genera una carga de contaminación en la atmósfera como partículas de: dióxido de azufre (SO_2) óxido de nitrógeno (NO), hidrocarburos (HC) y monóxido de carbono (CO). Se presenta a continuación las cargas de contaminación para los procesos de disposición final por tonelada de desechos, estimada a partir de la metodología de evaluación rápida de fuentes de contaminación ambiental: aire, agua y suelo (citada por Agencia Española de Cooperación Internacional, 1995).

Quema a cielo abierto de desechos sólidos municipales:

1 tonelada = 8 kg de partículas + 1.25 kg de SO₂ + 3 kg de No_x + 15 kg de HC + 42 kg de CO.

2.6.3.4 Contaminación visual

Los desechos depositados al aire libre presenta un aspecto antiestético que constituye un tipo de contaminación visual al no ser parte del paisaje original: el feo espectáculo que presenta la fauna nociva de aves de carroña como zopilotes y perros, lo mismo sucede con las personas que viven dentro de los basureros, como segregadores, pepenadores o buzos en circunstancias infrahumanas e insalubres (Agencia Española de Cooperación Internacional, 1995).

2.7 Sistemas de tratamiento

El tratamiento de los desechos sólidos tiene como objetivos principales disminuir el riesgo de producir contaminación y proteger la salud. Los principales métodos de tratamiento de los desechos son: recuperación, compostaje e incineración, que tienen como propósito reducir su volumen. Sin embargo se requiere de un método para la disposición final de los desechos como podría ser un relleno sanitario controlado (Jaramillo, 1991).

- ◆ El costo del equipamiento y operación de las plantas es excesivamente alto.
- ◆ Deben operar mediante estrictas normas de control para evitar que los gases liberados durante la combustión de los desechos vayan acompañados de partículas de plomo, mercurio, ácido clorhídrico, otros metales, dioxinas y furanos que son bioacumulables y/o altamente cancerígenos (Gob. del Edo. de Veracruz et al, 1994).

2.8 Disposición final

A continuación se presentan los principales métodos de disposición final de los desechos sólidos:

- ◆ relleno sanitario;
- ◆ vertido a corrientes de agua o al mar;
- ◆ botadero a cielo abierto;
- ◆ quema al aire libre;
- ◆ alimentación de animales con desechos diferentes de los restos de comida.

De éstos, el *relleno sanitario* es considerado como el único admisible, ya que no presenta mayores molestias ni peligros a la salud pública.

A) Recuperación: Actualmente en los países industrializados existe una creciente toma de conciencia de que el abastecimiento de materias primas no es ilimitado, además que la recuperación de lo que se considera como desecho, puede convertirse en un elemento esencial en la conservación de los recursos naturales.

La recuperación puede dividirse en :

- ♦ *Reutilización o reuso* (Anexos 1, 2 y 3).
- ♦ *Reciclaje* (Jaramillo, 1991).

Dentro de los materiales clasificados como recuperables son: textiles, madera, papel, cajas de cartón, llantas, bolsas de polietileno, tiras de cloruro de polivinilo (PVC), láminas metálicas, espejos dañados, virutas de acero, recortes de hierro dulce y galvanizado, recortes de tubo industrial de hierro, pedazos de alambre de cobre, escoria de bronce y aluminio, envases de hojalata y aceite quemado, entre otros (Gobierno de Costa Rica; GTZ, 1991).

Entre algunas ventajas que le reportaría al municipio la recuperación o reciclaje de materiales en el origen, se encuentran:

- ♦ Generar empleo organizado
- ♦ Reducir el volumen de desechos sólidos
- ♦ Aumentar la vida útil de los rellenos sanitarios
- ♦ Obtener algunos ingresos que podrían cubrir los costos del servicio de aseo
- ♦ Conservar los recursos naturales y proteger el ambiente
- ♦ Inducir un elemento de orgullo de la comunidad (Jaramillo, 1991).

B) Compostaje de desechos: la compostación es un proceso por el cual el contenido orgánico de los desechos son reducidos por la acción bacteriológica de microorganismos, resultando un material denominado compost, que es un mejorador de suelos (mas no un fertilizante), lo que le da un valor comercial (Jaramillo, 1991). Este procedimiento se lleva a cabo en cuatro fases:

1. clasificación de los desechos para separar metales, plásticos rígidos y vidrios;
2. trituración de los desechos para obtener una masa orgánica;
3. fermentación controlada de la masa orgánica y
4. obtención del compost (Gob. del Edo. de Veracruz et al, 1994).

* El proceso de compost es más recomendable para poblaciones pequeñas en las que se puedan procesar por medios manuales los desechos sólidos especialmente provenientes de mercados, siendo también beneficioso para los países en desarrollo, ya que mediante él se recupera un recurso provechoso que es la materia orgánica y se convierte en una buena oportunidad para iniciar prácticas de reciclaje de otros materiales (Jaramillo, 1991).

C) Incineración: mediante este proceso, los desechos son quemados en hornos especiales que alcanzan temperaturas cercanas a 850° C. Al final, como residuos se obtienen cenizas (que deben ser depositadas en un vertedero controlado) y gases que son arrojados al medio ambiente (Gob. del Edo. de Veracruz et al, 1994).

La técnica de la incineración, a excepción de cuando se usa en los desechos hospitalarios, no es recomendable para países en vías de desarrollo y menos aún para pequeñas poblaciones (Jaramillo, 1991). Dentro de las desventajas de la incineración se encuentran:

2.8.1 Relleno sanitario

Al relleno sanitario también se le denomina *vertedero* o *confinamiento* controlado, es una técnica de eliminación final que consiste en depositar los desechos sólidos en un sitio seleccionado de acuerdo a factores de conformación del terreno, del suelo y ambientales; no causa molestia ni peligro para la salud, seguridad pública y medio ambiente.

Utiliza principios de ingeniería para confinar los desechos en un área lo más pequeña posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. Además prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos en el Relleno, por efecto de la descomposición de la materia orgánica (Gob. del Edo. de Veracruz et al, 1994) (Figuras 2 y 3).

Ventajas de un relleno sanitario:

- ♦ Inversión inicial inferior a la de cualquier otro método de tratamiento.
- ♦ Bajos costos de operación y mantenimiento.
- ♦ Genera empleo.
- ♦ Permite recuperar el gas metano

Al final de su vida útil puede servir como área verde o zona deportiva (Jaramillo, 1991).

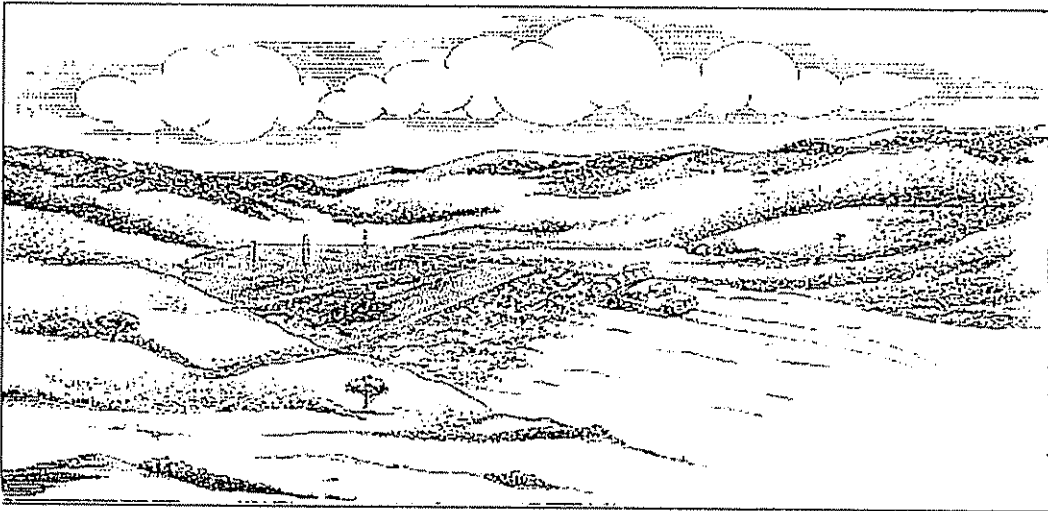


Figura 2 Perspectiva del relleno sanitario

Fuente: Gob. del Estado de Veracruz et al., 1994.

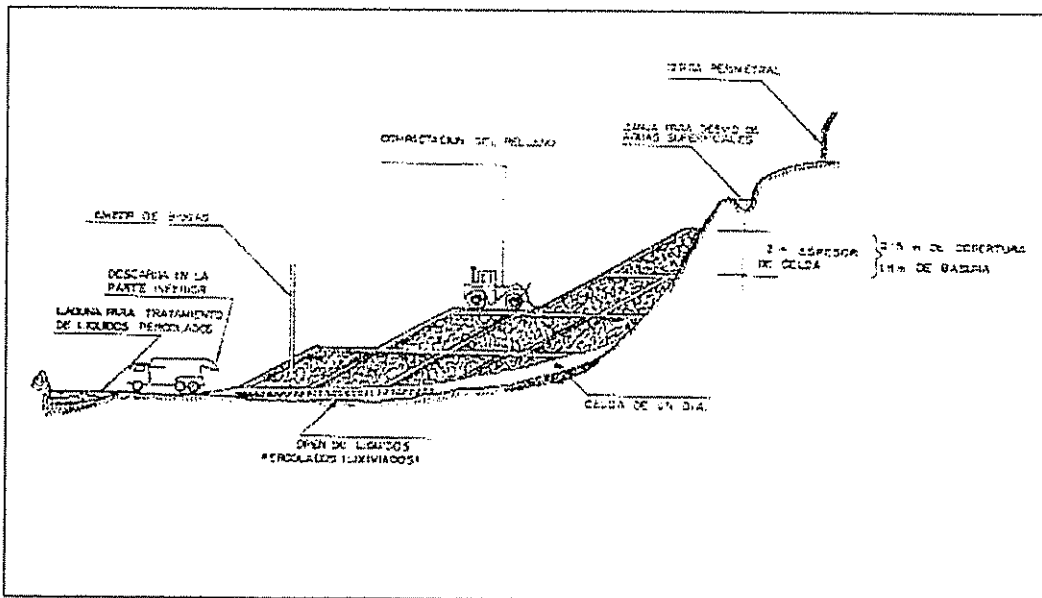


Figura 3 Corte longitudinal del relleno sanitario

Fuente: Gob. del Estado de Veracruz et al., 1994.

2.9 Equipo de recolección no convencional

El equipo no convencional normalmente no tiene la posibilidad de acarrear desechos largas distancias y por ello se utilizan en lo que se ha llamado recolección primaria y los equipo convencionales para lo que llamamos recolección secundaria. Se entiende recolección primaria lo que se da puerta en puerta, en un vehículo pequeño normalmente no motorizado. La secundaria es la movilización en remolques o en contenedores de desechos hacia el sitio de disposición final de un centro de acopio.

A continuación se menciona el siguiente equipo de recolección primaria:

Carretas y remolques de tracción animal : una carreta con tracción animal puede contener unos 2m^3 con una capacidad de 600 kg y por eso puede recolectar desechos de unas 250 viviendas por ruta y hacer 1.25 rutas por día, es decir unas 300 viviendas diarias (Anexo 4) (Agencia Española de Cooperación Internacional, 1995).

Triciclos : es un ciclo mecanismo de tres ruedas con una palangana delantera o trasera para colocar un contenedor o barriles para almacenar los desechos recolectados o una bicicleta acoplada a una carretilla para almacenar los desechos. La carreta o contenedor puede tener un volumen de 0.5 a 1 m^3 . Un triciclo se recomienda no exceda los 250 kg de desechos (Anexo 5)(Agencia Española de Cooperación Internacional, 1995).

Carretas de tracción humana : puede construirse con capacidades de $1/3$ a 1 m^3 y ser manipuladas por una persona. Por ejemplo, una carreta de 0.3 m^3 de capacidad puede recolectar alrededor de 90 kg de desechos o dar servicio a 45 viviendas y si se recorren 4 microrutas por día se podrán recolectar 360 kg o dar servicio a 180 viviendas (Anexo 6) (AECI, 1995).

Remolque con tracción de motocicleta: puede contener capacidades que van desde 0.5 a 2 m³; sin embargo, se recomienda no exceder los 300 kg. Por ejemplo un motocar, de una capacidad de 1m³ puede recolectar desechos de unas 175 viviendas por microrruta o 300 kg por día y si se realizan 7 rutas al día se recolectará 1800 kg o dará servicio a 1050 viviendas (AECI, 1995).

Recolección secundaria: además de los equipos necesarios para la recolección primaria, se requiere de equipos que realicen la recolección secundaria de los centros de acopio o estaciones de transferencia (Anexo 7). Las estaciones de transferencia son los lugares donde los recolectores primarios depositan los desechos en contenedores de mayor capacidad, ya sean estos o estaciones móviles (AECI, 1995).

2.10 Como se pueden clasificar los DS para reciclarlos y centros de recolección en Costa Rica.

Para poder tratar los diversos desechos sólidos es necesario seleccionarlos y separarlos, para luego reutilizarlos o procesarlos por diversos métodos, separándolos en los siguientes grupos:

Papel : periódico, blanco de cuadernos, hojas de computadora, sobres sin ventana y cartones.

Vidrio : clasificarlo por color para fundirlo y hacer nuevos envases.

Plástico : no son fáciles de reciclar pero algunos que se pueden procesar son :

1. Polietilenoterystálico : botellas de bebidas gaseosas
2. Polietileno de alta densidad : botellas para leche, agua, jugos, blanqueadores y detergentes.

3. Cloruro de polivinilo : envases limpiadores de ventanas, detergentes en polvo.
4. Polietileno de baja densidad : plásticos utilizados para empaques de comida, envolturas que se contraen, bolsas.
5. Polipropileno : envases de mantequilla, margarina, yoghurt, pajillas.
6. Poliestireno : cubiertos, platos, vasos para café, cajas para huevo, charolas para carne.
7. Otros plásticos : envases hechos de más de una resina, como el usado para botellas que se exprimen (aderezos, bandejas para comida y para horno de microondas).

Aluminio-Hojalata : el aluminio se recicla en Costa Rica (envases de bebidas gaseosas y cerveza); los envases de metales ferrosos (hojalata) como latas de atún y frutas en conservas aún no se reciclan en Costa Rica, por carecer de esta tecnología, (ITCR, 1995).

En el Anexo 8 se presenta un listado de los centros, organizaciones y personas que reciben y compran desechos sólidos para posteriormente ser reutilizados.

Respecto de la reutilización, se cuenta con infraestructura industrial en el Valle Central para reciclar: papel, vidrio, plástico y algunos metales. Las posibilidades de reciclaje, así como el precio y condiciones de entrega del material se muestran en el Anexo 9.

2.11 Beneficios del reciclaje

De los desechos sólidos se pueden obtener materias primas para reciclaje industrial que evitan el continuo agotamiento de los recursos naturales y además ahorran agua y energía en los procesos de fabricación. Las materias primas que se recuperan de los desechos son papel, plástico, vidrio, metal y materia orgánica

De acuerdo con estudios realizados en México el papel proviene en su gran mayoría de los árboles, y el 20% aproximadamente del total de los desechos es papel que puede reciclarse hasta 10 veces. Así por cada tonelada de papel y cartón reciclados se dejan de cortar 10 árboles o de usar 2 toneladas y media de madera. Por otra parte, se usa para su fabricación aproximadamente 450 mil litros de agua y puede ahorrarse el 60 % de la energía necesaria para su producción (Deffis, 1989).

Respecto del plástico, una gran cantidad del contenido en los desechos sólidos es reciclable y es del tipo termoplástico; por su composición aproximadamente 62% de polietileno, 25% de policloruro de vinilo y 20% de poliestireno, dadas sus características permite fundirlos nuevamente y reutilizarlos como materia prima para fabricar nuevos productos.

El vidrio analizado en los estudios de desechos sólidos en México representa el 5% del total. Para producir una tonelada de vidrio se requieren 600 kg de arena sílica, 200 kg de cloruro de potasio, 200 kg de caliza, 70 kg de feldespatos y 4 500 kw/hora de energía, y en su fabricación se generan 200 kg de desechos, producto de la extracción, y 15 kg de partículas contaminantes en el aire. El reciclaje del vidrio evita los gastos para la obtención de los componentes y ahorra un 40 % de energía (Deffis, 1989).

El caso del acero y el aluminio es similar. Para fabricar una tonelada de aluminio hay que extraer de una mina 4 toneladas de hidróxido de aluminio o bauxita. El tratamiento de estas 4 toneladas de bauxita producirán 2 toneladas de los llamados barros rojos que presentan graves problemas de contaminación todavía sin resolver; por otra parte, se habrán obtenido 2 toneladas de óxido de aluminio o alúmina, que requerirán 16 000 kw/hora de energía eléctrica -que son suficientes para dar servicio a una población de 400 mil habitantes- para finalmente obtener una tonelada de aluminio. Reciclandolo se reduce en un 95% el gasto de energía y de desechos contaminantes (Deffis, 1989).

2.11.1 Ejemplos de reciclaje en otros países

Hay una posibilidad de que al menos la mitad de los desechos generados puedan ser reciclados, lo cuál requiere una considerable planeación y un esfuerzo intenso. El Cuadro 3 muestra algunos porcentajes de materiales reciclados en 1985.

Cuadro 3. Porcentaje de materiales reciclados en los países más Industrializados en 1985

| PAIS | ALUMINIO (%) | PAPEL (%) | VIDRIO (%) |
|-------------------|--------------|-----------|------------|
| Estados Unidos | 28 | 27 | 10 |
| Reino Unido | 23 | 29 | 12 |
| Japón | 32 | 48 | - |
| Países Bajos | 40 | 46 | 53 |
| Alemania Oriental | 34 | 40 | 39 |

Fuente: Kharbanda; Stallworthy, 1990

2.12 Legislación en Costa Rica y aspectos institucionales

Desde el punto de vista legal, el Ministerio de Salud es el ente de la normalización y fiscalización en el manejo de desechos del país. La legislación comprende básicamente la Ley No. 5395 "Ley General de Salud" y algunos reglamentos como por ejemplo el "Reglamento sobre el manejo de basuras" y "Reglamento sobre rellenos sanitarios", pero son poco precisos e insuficientes en algunos casos (Gobierno de Costa Rica; GTZ, 1991).

La responsabilidades con respecto al manejo de los desechos sólidos urbanos es competencia de las municipalidades, el Instituto de Fomento y Asesoría Municipal (IFAM), el Ministerio de Salud y la Contraloría General de la República (Cuadro 4).

Cuadro 4. Instituciones, legislación y funciones relacionadas con DS

| INSTITUCION | LEGISLACION | FECHA | FUNCIONES |
|--|---|-----------------------|--|
| Ministerio de Salud | Ley General de Salud (Ley No. 5395) | 30 de octubre, 1973 | Normativa y contralora |
| Municipalidades | Código Municipal (Ley No. 4574) | 4 de mayo, 1978 | Operativa y financiera |
| Instituto de Fomento y Asesoría Municipal (IFAM) | Ley de Organización y Funcionamiento (Ley No. 4716) | 9 de febrero, 1971 | Asesoría y financiera |
| Contraloría General | Ley orgánica de la Contraloría General de la República (Ley no. 1252) | 23 de diciembre, 1958 | contralora de los aspectos tarifarios. |

Fuente: Monreal y Lugari, 1990.

2.12.1 Datos importantes de legislación en otros países

- En Gran Bretaña existe una multa de £ 20 000 (más de 4 millones de colones) para el que descargue un camión de desechos en un sitio no apropiado. Teniendo también la posibilidad de que enfrente hasta cinco años de prisión.
- En la ciudad de Mineapolis, E.U. se han prohibido muchos de los plásticos para envolturas que se utilizan en los supermercados, tiendas y restaurantes de comida rápida. hasta que la ciudad encuentre una forma de reciclaje aceptable.
- En Dinamarca esta prohibida la venta de envases desechables (Club Ecológico Yiski, 1996).

2.13 Manejo de los DS en Costa Rica

Basta observar a nuestro alrededor, para notar que el manejo de los desechos sólidos en Costa Rica no es el adecuado, constituyendo esto un grave problema. En ciudades, pueblos, playas, caminos y ríos del país, se observan desechos sueltos y vertederos aparentemente sin ningún control, lo que amenaza en gran medida la belleza de los paisajes, los recursos naturales y la salud pública.

Referente a su manejo se producen diariamente alrededor de 1,5 millones de kilogramos de desechos. De ellos el 30 % se trata en forma sanitaria, el 16 % se recolecta pero su disposición final es inadecuada y el 54 % se acumula en sitios inapropiados (ITCR, 1995).

Las investigaciones realizadas en 75 Municipalidades de Costa Rica indican que; el servicio de recolección de desechos sólidos es brindado por 62 Municipalidades directamente y en 13 por contrato. En cuanto a la disposición final de los desechos, las ciudades de Cartago, Heredia, San Isidro El General y Limón cuentan con vertederos, los cuales no son manejados adecuadamente o están en el límite de su capacidad. En su gran mayoría el resto de los poblados del país vierten sus desechos en botaderos a cielo abierto, cauces de quebradas, ríos, orillas de carreteras, lotes baldíos y en el mar. En algunas partes realizan quema lenta y maloliente (ITCR, 1995).

Algunas excepciones son el caso de Turrialba centro que cuenta con un relleno sanitario manejado adecuadamente (Figuras 4 y 5), concluyéndose que para las áreas rurales casi no existen servicios organizados de recolección y los desechos son vertidos generalmente en cualquier lugar.



Figura 4 Relleno sanitario de Turrialba en operación

Foto: Blanca Nava, 1996

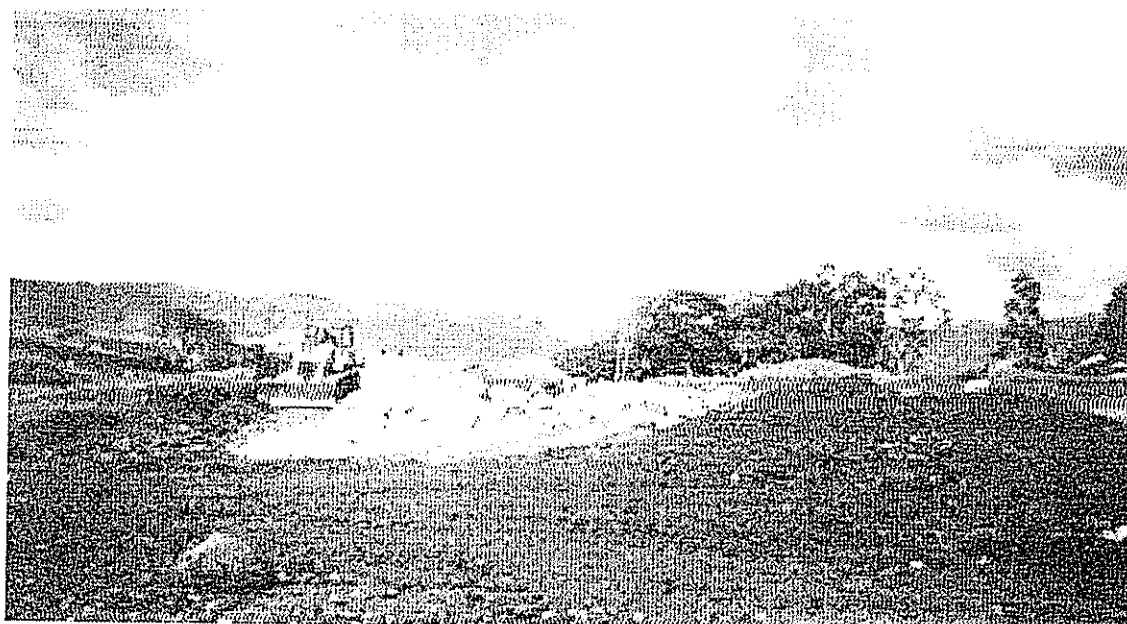


Figura 5 Relleno sanitario de Turrialba en operación

Foto: Blanca Nava, 1996

2.14 Composición de los DS en Costa Rica

Las investigaciones de las características de los desechos ordinarios de Costa Rica, son limitadas. No se describe la metodología empleada para su delimitación. La información de mayor credibilidad y consistencia, proviene del estudio de incineración de biomasa realizado en 1983 por Electro Watt Engineering Services Ltd.³, para el Instituto Costarricense de Electricidad y es la usada aquí para la composición de desechos.

Cuadro 5. Composición de desechos ordinarios en Costa Rica

| COMPONENTES | PORCENTAJE EN MASA |
|-----------------------|--------------------|
| Materia biodegradable | 62,1 |
| Papeles y cartones | 17,2 |
| Madera | 1,3 |
| Plástico | 5,6 |
| Metales | 1,4 |
| Vidrio | 7,0 |
| Material inerte | 4,7 * |
| TOTAL | 100,0 |

Fuente: Gob. de Costa Rica; GTZ, 1991

* Engloba escombros y tierra.

³ Instituto Costarricense de Electricidad y Electrowatt Eng Services Ltd Non conventional Energy Sources, vol III, Incineration of Biomass, diciembre de 1983

2.15 Proyecciones de los índices de desechos en Costa Rica para el 2000

El crecimiento de la población traerá como consecuencia un aumento en los desechos ordinarios. La estimación de las toneladas por día los desechos ordinarios entre 1990 y 2000, se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 6. Cantidad total estimada de desechos sólidos producidos en 1990 y para el 2000, en toneladas por día, en Costa Rica.

| TIPO DE CANTON | DOMESTICOS | | ESCOMBROS | | INDUSTRIALES | |
|------------------------|----------------|----------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| | 1990 | 2000 | 1990 | 2000 | 1990 | 2000 |
| Centrales de la GAM | 440,7 | 496,4 | 95,8 | 106,6 | 15,8 | 12,6 |
| Resto de la GAM | 474,8 | 619,0 | 60,8 | 78,8 | 8,5 | 6,8 |
| Subtotal de la GAM | 915,5 | 1 115,4 | 156,6 | 185,4 | 24,3 | 19,4 |
| Rurales principalmente | 292,3 | 356,9 | 20,3 | 24,4 | 3,0 | 2,4 |
| Resto de rurales | 187,8 | 227,6 | 5,4 | 6,3 | 0,5 | 0,4 |
| TOTAL NACIONAL | 1 395,6 | 1 699,9 | 182,3 | 216,1 | 27,8 | 22,2 |

Fuente: Gobierno de Costa Rica et al., 1994.

A medida que la ciudad crece en número de población, aumenta el índice de generación de desechos por persona siendo muy notorio para el caso de las poblaciones con más de 50 000 habitantes (Cuadro 7).

Cuadro 7. Comparación de los desechos sólidos generados en 1989 por rango de población, en Costa Rica

| Rango de Población | Población (miles) | PPC (kg/hab/día) | Producción (ton) | Diaria (%) |
|------------------------------|-------------------|------------------|------------------|------------|
| URBANA | | | | |
| > de 200 000 hab | 287,5 | 0,85 | 244 | 19,2 |
| 100 000 a 200 000 hab | 156,1 | 0,80 | 125 | 9,8 |
| 50 000 a 100 000 hab | 284,5 | 0,75 | 213 | 16,7 |
| 20 000 a 50 000 hab | 440,1 | 0,55 | 242 | 19,0 |
| menos de 20 000 hab | 419,7 | 0,45 | 189 | 14,8 |
| RURAL | | | | |
| rural concentrado y disperso | 1.299,2 | 0,20 | 260 | 20,4 |
| TOTAL | 2.887,1 | | 1.273 | 100 |

Fuente: Monreal y Lugari, 1990

2.16 Producción de desechos sólidos en el Cantón de Turrialba

En Turrialba al igual que en otros cantones se están produciendo una cantidad grande de desechos sólidos, de acuerdo con los datos suministrados por el Plan Nacional de Manejo de Desechos sólidos (Gobierno de Costa Rica; GTZ, 1991) se muestra la población, índice de generación, el tonelaje de desechos domésticos producidos y manejados al día por tipo de población rural y urbana en 1990 y la estimación para el 2000.

Cuadro 8. Producción de desechos domésticos en el Cantón de Turrialba en 1990 y para el 2000

| AÑO | POBLACION RURAL | | | | POBLACION URBANA | | | | Total Ton manejada |
|------|-----------------|---------|---|------|------------------|----------|---|-----|--------------------|
| | Población | Indice* | Toneladas por día Producida Manejada | | Población | Indice * | Toneladas por día Producida Manejada | | |
| 1990 | 43 099 | 0,4 | 17,2 | 6,9 | 16 290 | 0,4 | 6,5 | 3,3 | 10,2 |
| 2000 | 46 840 | 0,4 | 18,7 | 13,1 | 17 704 | 0,4 | 7,1 | 5,7 | 18,8 |

Fuente : Gob. de Costa Rica; GTZ, 1991. * Indice de generación de desechos sólidos kg/persona/día

2.18 Relación del ingreso económico y la generación de desechos sólidos

2.18.1 Estudio de determinación de la relación entre consumo eléctrico y la generación de desechos en Costa Rica.

El objetivo de este estudio fue establecer una relación básica del consumo de un hogar contra su generación de desechos a nivel individual. Para lo cual se diseñó un modelo para el establecimiento de nuevas tasas por el servicio de aseo público, ya que existe una correlación directa entre el consumo de energía con el ingreso del usuario y la generación de desechos .

Se comprobó que la población de menores ingresos si gasta menos energía que el promedio nacional 254 kilowatt-hora mensual. Asimismo de los 300 000 habitantes del Cantón Central de San José con un índice de generación de 0,5 kg/habitante/día de desechos se vio que consumen en promedio 298 kilowatt-hora mensual por usuario residencial.

Como comparación, en otros cantones del país, por ejemplo Turrubares con aproximadamente 0,18 kg/hab-día de desechos, consume 106 kilowatt-hora por usuario residencial; Aserrí con un índice de generación de desechos sólidos de 0,31 kg/hab-día tiene un consumo de 187 kilowatt-hora por usuario y para Desamparados que tiene un índice de generación de 0,35 kg/hab-día consume 228 kilowatt-hora de energía eléctrica (Gob. de Costa Rica; GTZ, 1991).

Finalmente se tuvieron las siguientes observaciones:

- Las variaciones en el consumo eléctrico son muy pequeñas.
- Hay mucha variabilidad en el consumo eléctrico en una misma cuadra.
- Existen diferencias en la generación de desechos y el nivel de consumo eléctrico pero estas no son muy grandes.

Por lo que era necesario cubrir muchos barrios de nivel socioeconómico distinto, para mejorar los resultados y poder confirmar la hipótesis de que en Costa Rica los barrios son muy heterogéneos, como para poder cobrar servicios públicos diferenciados por zona como se hace en algunos lugares de América Latina como por ejemplo Santa Fé de Bogotá (GTZ, et al., 1993).

2.18.2 Estudio de composición de los desechos sólidos según el nivel socioeconómico en Santiago de Chile.

El incremento de la población en la provincia de Santiago en los últimos años, el desarrollo industrial, y los actuales patrones de consumo que promueve el modelo de desarrollo vigente, han producido un aumento de la generación de los desechos sólidos. Actualmente se producen en la Provincia aproximadamente 3 300 toneladas diarias de desechos sólidos con una producción per cápita (PPC) de 0,82 kg/hab/día (Arellano et al., 1996).

Los resultados de los análisis de composición indican que esta varía según el nivel socioeconómico; se produce un mayor porcentaje de materia orgánica en los estratos bajos, mientras que en los estratos altos los mayores porcentajes corresponden a papeles y cartones (20,4 % y 22,0 %), plásticos (12,1 % y 11,5 %), vidrios (2,5 % y 1,7 %) y metales (2,4 % y 2,5 %). Es decir no solo la cantidad varía según el estrato dándose los mayores valores de PPC en los niveles altos sino también el tipo de desechos.

La composición de los desechos puede interpretarse en parte como un indicador del nivel socioeconómico del productor y de los hábitos de consumo existente (Arellano et al., 1996).

2.18.3 Estudio de composición de los desechos sólidos en la ciudad de México DF por estrato económico

De acuerdo a los análisis comparativos de la producción de desechos sólidos en México con el de E.U.A. se determinó que la clase media mexicana genera más desechos que la misma clase en los EE.UU. en todas las categorías en que se dividen los desechos a excepción de los metales.

En las categorías de plástico y materia orgánica México supera por mucho los promedios producidos en E.U.A., y son precisamente las categorías que más representan riesgos para el medio ambiente ya que la materia orgánica al fermentarse produce sustancias que contaminan el suelo y los mantos freáticos y; los plásticos tardan miles de años en degradarse (México et al., 1992).

El crecimiento demográfico influye asimismo, en la generación global de desechos, cada persona que se integra a la ciudad, desecha una cierta cantidad de materias al satisfacer sus necesidades. Por otro lado los ingresos elevados posibilitan la adquisición de gran número de bienes de consumo, así como el desechos frecuente de objetos y elementos que podrían seguirse usando en su mismo estado o bien con una reparación (Deffis, 1989).

Así tenemos que hay un mayor volumen de desechos en los niveles altos, debido a la frecuente presencia de empaques y envolturas en la composición de los desechos. Los estratos bajos, es decir aquellos que perciben sólo el salario mínimo, producen 2 450 grs/día/vivienda de desechos inorgánicos; mientras que los altos producen 2 864 grs/día/vivienda es decir el 15 % más. En cuanto a la composición de metal, papel, plástico y vidrio, en los primeros se compone del 32%, en tanto que en los niveles altos es del 45%.

Los factores culturales también influyen en el consumo pues tradicionalmente la familia producía sus propios alimentos y en la actualidad ha pasado a ser solamente una unidad de consumo que depende cada vez más de productos procesados industrialmente, lo cuál afecta más gravemente a los sectores con ingresos más bajos pues consumen productos más caros con menor valor nutritivo (Deffis, 1989).

México parece tener el más alto grado de contaminación de los países subdesarrollados de los países industrializados. Por un lado, una alta cantidad de desechos orgánicos domésticos propios de una sociedad que no procesa sus alimentos y, por otro, una cantidad mucho mayor de materiales plásticos para envoltura mayor que la sociedad más consumista del mundo : E.U.A. (México et al., 1992).

En el siguiente cuadro se ejemplifica la manera en que influye el estrato económico sobre la generación de desechos sólidos lo cuál significa que las personas entre mayor ingreso económico tienen más posibilidades de adquirir bienes por lo tanto son más consumistas y generan mayor cantidad de desechos que las de los estratos más bajos.

Cuadro 9. Composición de desechos sólidos (día) por casa y por estrato económico en el DF (%)

| Estrato económico | Orgánico | Metal | Papel | Plástico | Vidrio | Textil | Otros | Total (gr) |
|-------------------|----------|-------|-------|----------|--------|--------|-------|------------|
| 1* | 54,86 | 3,40 | 18,75 | 5,49 | 5,90 | 4,31 | 7,30 | 4 752 |
| 2* | 49,07 | 3,73 | 20,14 | 7,36 | 6,33 | 4,49 | 8,87 | 4 830 |
| 3* | 51,91 | 3,39 | 18,40 | 5,97 | 10,48 | 3,47 | 6,37 | 4 755 |
| 4* | 56,10 | 3,39 | 17,43 | 6,62 | 9,73 | 2,02 | 4,72 | 5 438 |
| 5* | 52,53 | 3,24 | 19,81 | 6,07 | 10,57 | 1,86 | 5,91 | 8 850 |

* Estratos

Fuente: México et al., 1992

1* Menos del salario mínimo (< \$ 150/mes)

2* 1 a 3 veces el salario mínimo (\$ 150 - \$ 450/mes)

3* 4 a 7 veces el salario mínimo (\$ 600 - \$1 050/mes)

4* 8 a 11 veces el salario mínimo (\$ 1 200 - \$ 1 650/mes)

5* Más de 11 veces el salario mínimo (> \$ 1 650/mes)

2.18.4 Datos del Banco Mundial

El Banco mundial en 1995 reporta que análisis realizados en los países a través del tiempo revelan que la generación de desechos sólidos municipales esta relacionada positivamente a las variaciones en el ingreso per cápita. Existen datos compilados por el World Resources Institute en 1993 de 36 países donde se demuestra esto claramente:

- Para Mozambique tenemos un índice de generación de desechos sólidos municipales de 0,5 kg con un producto doméstico neto per capita (GDP) de \$620 en 1990
- Para Australia este índice de desechos sólidos municipales es de 1,9 kg y el GDP per capita de \$17 000 en 1990.
- Basándose en otros datos tenemos que la generación per capita de desechos sólidos municipales para la gente más pobre parece ser de 0,3 kg al día (Beede; Bloom, 1995).

El siguiente cuadro muestra como la generación de desechos sólidos municipales varía de acuerdo al tipo de ingreso :

Cuadro 10. Estimado mundial de desechos sólidos municipales generados (DSM) por clase de ingreso económico en 1990

| Tipo de ingreso ^a | <u>Generación total de DSM</u> | | <u>Tamaño de población</u> | | Porcentaje mundial total GDP | kg de DSM per capita por día |
|------------------------------|--------------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | Billones ton métricas /al año | Porcentaje mundial total | Millones de gente | Porcentaje mundial total | | |
| Bajo | 0,598 | 46,3 | 3 091 | 58,5 | 18,7 | 0,53 |
| Bajo-medio | 0,145 | 11,2 | 629 | 11,9 | 9,9 | 0,63 |
| Alto-medio | 0,193 | 14,9 | 748 | 14,2 | 16,5 | 0,71 |
| Alto | 0,357 | 27,6 | 816 | 15,4 | 54,9 | 1,20 |
| Todas las economías | 1,293 | 100,0 | 5 284 | 100,0 | 100,0 | 0,67 |

a. Clasificación basada en el estimado de GNP per cápita : economías de bajo ingreso \$600 o menos en 1990; economía de ingreso bajo-medio \$ 630 - \$ 2 490; economías de ingreso alto-medio \$ 2 490 - \$ 7 050; economías de ingreso alto \$ 9 550 y más.

Fuente: Beede; Bloom, 1995

III.- MATERIALES Y METODOS

3.1 Area de estudio

El Distrito de Tuis se encuentra ubicado en el Cantón de Turrialba, Provincia de Cartago, Costa Rica. El Cantón al cuál pertenece es uno de los más extensos del país y cuenta con una área de 1758 km². Limitando al norte con Pococí, Guácimo y Siquirres; al sur con Pérez Zeledón; al este con Limón y Matina y al oeste con Alvarado, Jiménez y Oreamuno (Figura 6).

Su suelo es de variado relieve: al noreste presenta altura de más de 3,000 metros, como la del volcán Turrialba, viniendo luego en descenso hasta los valles de la cuenca del Reventazón, al sur del Cantón cierran las estribaciones de la cordillera de Talamanca (Salazar, 1970)

En su curso de oeste a este, pasa el Río Reventazón por el centro de Turrialba. Este río recibe por su ribera izquierda el aporte de aguas de los afluentes Turrialba, Aquiares, Azul, Guayabo y Bonilla; por su parte derecha son tributarios el Pacuare, el Tuis y el Pejibaye (Salazar, 1970).

El Cantón se divide en nueve distritos:

1. Turrialba
2. La Suiza
3. Peralta
4. Santa Cruz
5. Santa Teresita
6. Pavones
- 7. Tuis**
8. Tayutic
9. Santa Rosa

El presente trabajo se desarrolló específicamente en el ***Distrito de Tuis***, del cual se incluye la siguiente información :

3.1.1 Geografía y clima

Este Distrito tiene una extensión territorial de 37,56 km² , lo cuál representa un 2,13% del área total del Cantón de Turrialba. Se encuentra limitando al norte y oeste con el Distrito 2° de la Suiza al sur y este con el Distrito 8° de Tayutic. Se encuentra ubicado a 15 km del centro de Turrialba lo que significa 20 ó 25 minutos de viaje.

Una gran parte del territorio esta ocupado por elevaciones montañosas que van desde 650 msnm hasta 1300 msnm. La temperatura promedio media es de 21,7 °C, precipitación mensual de 217 mm, humedad relativa promedio de 87,8 %, evaporación total mensual de 83 mm y velocidad del viento promedio diario de 0.81 m/s (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 1995).

3.1.2 Población

La población del Distrito esta concentrada principalmente en la parte más plana del territorio a una altitud aproximada de 715 msnm, donde se encuentra ubicado el centro de Tuis.

Dicha población es clasificada dentro del tipo rural; cuenta con 2808 habitantes y aproximadamente 611 viviendas; lo que representa aproximadamente un 4,2 % de la población total del Cantón de Turrialba, de los cuales 1 470 son hombres y 1 338 mujeres; con una densidad de 68 hab/km² (IFAM, 1992; Costa Rica, 1995).

La concentración de la población se localiza en el centro de Tuis, donde se albergan aproximadamente 231 familias lo que equivale a un 37,8 % de la población total de Distrito. De acuerdo con la muestra tomada, la gran mayoría se dedica a actividades agrícolas, un 36 % son jornaleros y 28 % agricultores propios dando un total de 64 %.

3.1.3 Actividades productivas

Como se mencionó anteriormente el 64 % de la población realiza actividades agrícolas (siembra de caña y café); el resto realizan actividades diversas: chofer de autobús, empleados, profesores, albañiles, guardias, ganaderos, operarios de construcción y aserradero, mecánicos, actividades administrativas, carpinteros etc. ya sea dentro del Distrito o en lugares cercanos como La Suiza y Turrialba. Dentro del Distrito no existen actividades industriales ni de tipo turístico.

Según el IFAM (1992), este Distrito se encuentra a su vez dividido territorialmente de la siguiente forma:

Distrito 7° de Tuis

⇒ Villa (cabecera de distrito) Tuis.

⇒ Poblados: Altos de Surtubal, Bajo Pacuare (Norte), Cabeza de Buey (San Joaquín), Cien Manzanas, Colonia San Lucas, Colonia Silencio, Colonias, Leona (parte), Mata de Guineo, Nubes, Paulina, San Bosco, Selva (parte)

Después de realizar las diferentes visitas de campo se podrían enlistar algunas características más observadas en el Distrito de Tuis como son :

El centro de Tuis es atravesado por el río que lleva el mismo nombre, el cual esta relativamente limpio, sólo observándose en algunos sitios pequeñas acumulaciones de envases y bolsas de plástico con un poco de desechos; pero es una situación muy esporádica ya que no siempre esto es así, además el río con su paso constante logra llevarse esos desechos a zonas más bajas.

El Relieve de Tuis es muy variado, existen muchos cerros y una zona plana muy pequeña donde se encuentra establecido el centro de Tuis, este distrito es atravesado por innumerables quebradas y pequeños riachuelos.

Tuis tiene un núcleo poblacional en la zona central de aproximadamente 231 viviendas y el resto (380 viviendas) se encuentran distribuidos lejos de este centro poblacional; estando las casas muy distantes una de la otra.

En la siguientes figuras se observa la localización geográfica del área de estudio y algunas vistas de dicha área como son el centro del poblado y el río:

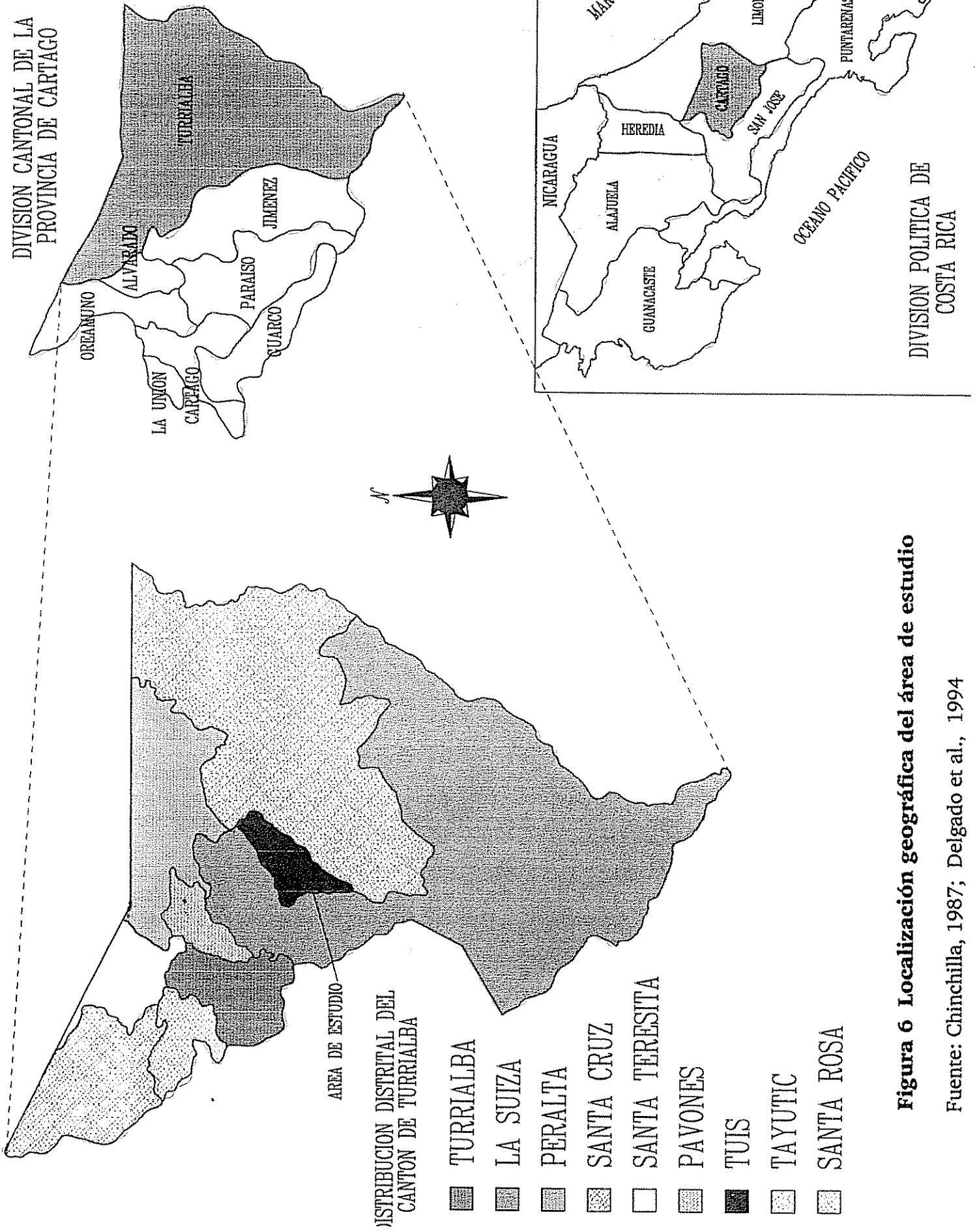


Figura 6 Localización geográfica del área de estudio

Fuente: Chinchilla, 1987; Delgado et al., 1994

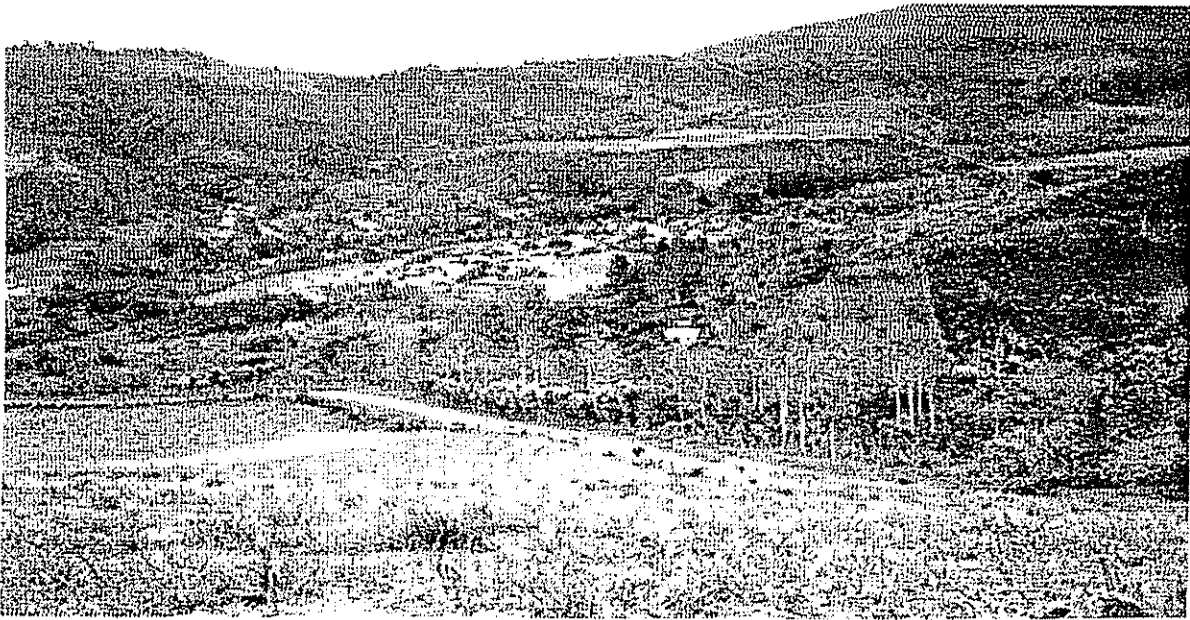


Figura 7 Vista de Tuis centro

Foto: Blanca Nava, 1996.



Figura 8 Desechos sólidos depositados a la orilla del río Tuis

Foto: Blanca Nava, 1996.

3.2 Selección de la muestra

Se trabajó con una muestra de 85 viviendas obtenida de un muestreo aleatorio en la población de Tuis. A los habitantes de las viviendas seleccionadas les fue aplicada una encuesta y sus desechos sólidos fueron pesados con la finalidad principal de obtener el índice de generación (kg/persona/día) y composición porcentual de los desechos sólidos, así como la voluntad de pago para recibir un adecuado sistema de recolección, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos.

La muestra fue seleccionada en base al tipo de **muestreo polietápico (por áreas en dos etapas)**, ya que es un procedimiento práctico para seleccionar viviendas.

Este tipo de muestreo constituye un marco conveniente y efectivo para las viviendas y personas, debido a lo siguiente:

- A)** El empleo de mapas permite identificar claramente a toda la población de viviendas (elementos) con una lista definida de segmentos (en este caso segmentos censales).
- B)** Es fácil identificar con rapidez y claridad las fronteras de los segmentos.
- C)** La vivienda sirve como medio conveniente para el muestreo de personas, puesto que se identifica con facilidad, es relativamente estable y suele contener pocas personas (Kish, 1982)

La selección de la muestra se hizo en dos etapas:

1. Seleccionando al azar con la tabla de números aleatorios 7 segmentos censales.
2. Seleccionando al azar 10 viviendas por cada segmento censal.

3.3 Obtención de la desviación estándar y tamaño de muestra poblacional

1. Para la obtención del tamaño de muestra de la población se realizó previamente un premuestreo en 14 viviendas de Tuis elegidas al azar para estimar la desviación estándar de la cantidad de desechos producidos por vivienda. Para lo cuál se pesaron los desechos sólidos de la familia producidos durante una semana y se obtuvo de esta forma la producción de las viviendas y personas al día; (ver los datos del premuestreo en el anexo 10)
2. Habiendo obtenido la desviación estándar (Kg/vivienda/día) se calculó el tamaño de muestra mediante la siguiente formula:

$$n = \frac{Z_{\alpha/2} \sigma^2}{d} = \frac{1,96 \times 0,514^2}{0,120} = 70,59 \cong 71$$

Donde:

$n \Rightarrow$ tamaño de la muestra (No. de viviendas a muestrear)

$Z_{\alpha/2} \Rightarrow$ Valor de Z al nivel de significancia alfa (α)

$\sigma \Rightarrow$ Variancia de la variable de interés (cantidad de desechos/ vivienda/día).

$d \Rightarrow$ Limite de error (en este caso 120 grs).

3. Posteriormente se obtuvo el promedio de viviendas/segmento censal para el Distrito de Tuis de la siguiente forma:

$$\bar{X} = \frac{\sum \text{No. de casas/segmento}}{\text{No. de segmentos}} = \frac{611 \text{ casas}}{13 \text{ segmentos}} = 47$$

$\bar{X} = 47$ viviendas promedio por segmento censal

4. Calcular el número de segmentos a muestrear al azar de un total de 13 segmentos en Tuis.

Tuis \Rightarrow de 13 segmentos se seleccionan 7 segmentos al azar o sea un 50 % del total.

5. Posteriormente se obtuvo el número de viviendas totales para los segmentos seleccionados. Esto se realizó multiplicando el número de segmentos por el promedio de viviendas.

$$7 \text{ (sc)} \times 47 \text{ (x)} = 329 \text{ (Tv)} \text{ Total de viviendas en los 7 segmentos seleccionados.}$$

Donde:

sc = segmentos censales

x = No. de casas/segmento

Tv = Total de viviendas en los 7 segmentos.

6. Con los datos anteriores se determinó que deberían muestrearse :

En 7 segmentos censales un total de **n= 71 viviendas** obtenido gracias a la muestra piloto realizada en 14 familias de Tuis.

Por lo cuál se obtuvo el cálculo siguiente para muestrear un determinado número de casas por segmento:

Era necesario para realizar la entera aplicación de encuestas, muestrear 10 casas en 6 segmentos censales y 11 casas en uno.

3.4 Materiales experimentales

El trabajo de campo se realizó del 12 de marzo al 29 de mayo de 1996 muestreando un total de 85 viviendas (14 más de las programadas), ya que se estimó que en el centro de Tuis era donde se localizaban la mayoría de las familias que consideraban la generación de sus desechos sólidos como un problema por lo que se amplió el número de encuestas a aplicar en los segmentos seleccionados en esa zona.

El Distrito en su totalidad está integrado por 13 segmentos censales, reportándose la distribución de viviendas por segmento:

| No. DE SEGMENTO | No. DE CASAS |
|-----------------|-----------------------|
| 001 | 49 |
| 002 | 122 |
| 003 | 27 |
| 004 | 59 |
| 005 | 37 |
| 006 | 38 |
| 007 | 49 |
| 008 | 53 |
| 009 | 30 |
| 010 | 37 |
| 011 | 35 |
| 012 | 35 |
| 013 | 40 |
| TOTAL | 611 viviendas |
| PROMEDIO | 47 viviendas/segmento |

Dentro de los segmentos censales seleccionados al azar durante la etapa de muestreo encontramos los siguientes: 001, 002, 004 009, 010, 011, 013 en los cuales se muestrearon en promedio 10 casas por segmento y 10 casas más correspondientes a los segmentos del centro de Tuis (003, 005, 007 y 008). En el siguiente cuadro el número de segmentos muestreados, familias, barrios y caseríos así como viviendas seleccionadas:

Cuadro 11. Viviendas muestreadas y segmento correspondiente

| SEGMENTO | No. DE FAMILIAS | BARRIOS Y CASERIOS MUESTREADAS | No. LA VIVIENDA |
|---|------------------------|--|---|
| 001 | 11 | San Pedro, Las Nubes y Tuis Centro | 1, 6, 12, 38, 47, 50, 51, 54, 57, 63, 66 |
| 002 | 14 | Colonia el Silencio, Tuis Centro, Bo. Los Cipreses | 2, 8, 12, 13, 14, 15, 20, 24, 43, 74, 80, 92, 98, y 112 |
| 004 | 11 | Las Colonias, Colonia San Lucas, Tuis Centro | 4, 21, 22, 24, 27, 31, 35, 37, 38, 45, 47 |
| 009 | 9 | Cien Manzanas, Bo. los Angeles | 2, 5, 8, 9, 11, 12, 19, 25, 27 |
| 010 | 10 | San Miguel | 2, 5, 11, 20, 23, 28, 43, 49, 55, 62 |
| 011 | 10 | San Juan Bosco, Mata de Guineo | 5, 6, 10, 11, 13, 18, 32, 38, 39, 41 |
| 013 | 10 | Bajo de la Capilla, San Joaquín, Bajo Pacuare | 7, 9, 12, 18, 24, 25, 26, 30, 33, 35 |
| Viviendas extra muestreadas en el centro de Tuis son : | | | |
| 003 | 2 | Tuis Centro | 8, 3 |
| 005 | 1 | Tuis Centro | 5 |
| 007 | 4 | Tuis Centro | 11, 13, 21 y 23 |
| 008 | 3 | Tuis Centro | 5, 14 y 15 |

Nota : el número de la vivienda fue asignado por la persona encuestadora para comodidad en el manejo de los datos.

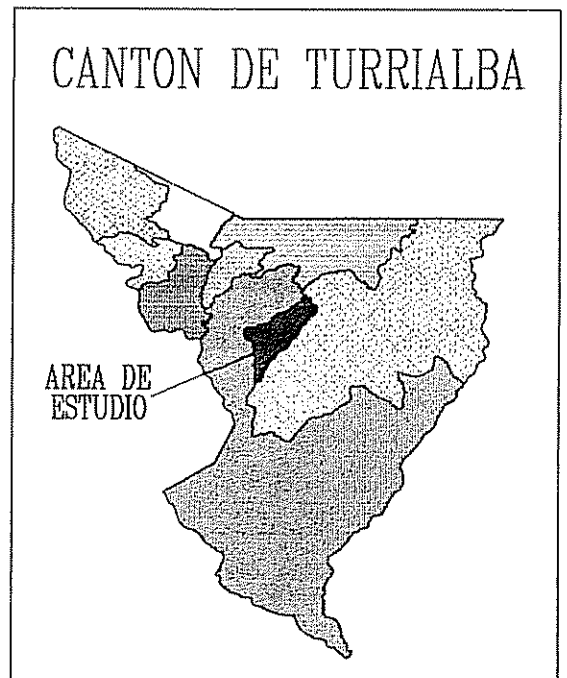
En el plano siguiente, se muestran la localización de los segmentos censales y algunos detalles importantes de distrito.

Figura 9 Mapa detallado del distrito de Tuis mostrando segmentos censales

Fuente: Delgado, 1994.



| SEGMENTOS CENSALES Y NUMERO DE CASAS | |
|--------------------------------------|--------------------|
| ■ 001, 30 CASAS | □ 008, 30 CASAS |
| ■ 002, 23 CASAS | ▨ 009, 29 CASAS |
| ■ 003, 29 CASAS | □ 010, 37 CASAS |
| □ 004, 41 CASAS | ▨ 011, 35 CASAS |
| ■ 005, 35 CASAS | ▨ 012, 35 CASAS |
| ▨ 006, 38 CASAS | ▨ 013, 40 CASAS |
| ▨ 007, 38 CASAS | ▣ LIMITE DISTRITAL |



3.4.1 Material y equipo utilizado

Para la realización de este trabajo se usó los siguientes materiales y equipo:

- Báscula para el pesado de muestras.
- Equipo de seguridad e higiene (guantes, tapabocas).
- Material de oficina
- Computadora con impresora
- vehículo 4 x 4
- Bolsas de plástico
- Cámara fotográfica (fotografía o diapositivas)
- Encuestas elaboradas
- Calculadora
- Planos cartográficos del Distrito.

3.5 Procedimientos analíticos utilizados

Para el análisis de los datos fueron empleados los siguientes métodos estadísticos:

3.5.1 Estadística descriptiva

Utilizada para analizar las variables cuantitativas de la encuesta como: índice de generación por habitante y composición porcentual de los desechos obteniendo media, varianza, desviación standard, mínimo, máximo y coeficiente de variación. Así como para el análisis de las variables cualitativas se obtuvo su distribución de frecuencias con la finalidad de describir la información.

3.5.2 Análisis de regresión

Utilizado para relacionar o predecir la cantidad de desechos sólidos producidos por persona con las características de la familia (provenientes de las variables de la encuesta). Utilizando el siguiente modelo de regresión múltiple:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_k x_k$$

Donde:

y = cantidad de desechos producidos Kg/persona/día

x_1 = ingreso mensual

x_2 = edad promedio

x_3 = escolaridad promedio

x_4 = escolaridad de la madre

x_5 = voluntad de pago

La interpretación moderna del término “regresión” es la siguiente : el análisis de regresión esta relacionado con el estudio de la dependencia de una variable, la variable dependiente, de una o más variables adicionales, las variables explicativas con la perspectiva de estimar y/o predecir el valor poblacional medio o promedio de la primera en términos de valores conocidos o fijos en muestreos repetidos, de las segundas (Gujarrati, 1992).

Para el caso de Tuis se utilizó un modelo lineal de regresión múltiple de acuerdo con el siguiente modelo:

$$Y = B_1 X_1 + B_2 X_2$$

Y = Variable dependiente

X_1 y X_2 = Variables independientes

B_1 y B_2 = Coeficiente de regresión

Donde B_1 es el aumento promedio de Y por cada aumento unitario de X_1 cuando X_2 se mantiene constante ó B_2 es el aumento promedio de Y por cada aumento unitario de X_2 cuando X_1 se mantiene constante (Gujarrati, 1992).

3.5.3 Análisis de conglomerados y discriminante canónico

Cluster es una técnica para agrupar n individuos en grupos o conglomerados utilizando mediciones realizadas en p variables. Al iniciar el análisis no sabemos cuántos grupos hay o qué características tiene cada uno. El agrupamiento se hace con base en una medida de distancia o disimilitud, o equivalentemente con base en una medida de similaridad. Posteriormente se forman grupos de individuos similares cuyas distancias sean pequeñas dentro de grupos y con amplias diferencias o distancias entre grupos (Ferreira et al., 1995).

En este caso se utilizó para agrupar a las familias muestreadas considerando las variables voluntad de pago (V-pago), ingreso mensual (Ing-mes), índice de generación por familia y persona (B-día-viv y B-día-per); obteniendo tres grupos.

Se realizó asimismo un análisis discriminante canónico para explicar qué variables influían en la formación de los tres grupos.

3.5.4 Métodos de análisis de impacto ambiental

En general el término impacto indica la alteración que la ejecución de un proyecto o una actividad introduce en el medio, expresada por la diferencia entre la evolución de éste “sin” y “con” proyecto. Su significación ambiental interpretada en términos de salud y bienestar humano, es lo que define el impacto ambiental (Gómez, 1994).

Mediante la utilización de la matriz de Leopold y considerando los factores ambientales que se podrían ver afectados se determinó de manera subjetiva el grado de impacto de los desechos sólidos generados sobre los diferentes componentes del medio ambiente.

3.5.4.1 Método de la matriz de Leopold

La matriz de Leopold es un listado que incorpora información cualitativa y relaciones causa-efecto. Es una técnica útil para organizar información y comunicar resultados (López, 1992).

Este sistema consiste en una matriz de celdas abiertas que puede contener; por ejemplo, según la complejidad del sistema por evaluar, 100 actividades de un proyecto y 88 características o condiciones ambientales (Burguera, 1995 citado por GTZ et al., 1995). Para cada acción de un proyecto los analistas evalúan los impactos de cada característica ambiental en términos de su magnitud y significancia. Estas evaluaciones son determinadas subjetivamente por los analistas con una escala del 1 al 10 (GTZ et al., 1996).

Una vez completa la matriz se procede a darle valor a cada impacto calificando en la esquina superior de cada cuadro del uno al 10 la magnitud del posible impacto. Diez representa la máxima magnitud y uno la mínima (el cero no es válido), y delante de cada calificación poner + ó - dependiendo del tipo de impacto. En la esquina inferior derecha se califica la importancia con números del uno al 10 también (Conesa, 1995).

Dentro de los criterios que se toman principalmente para evaluar un impacto ambiental se encuentran:

CUADRO 12. Criterios para evaluar el significado de un impacto

| CRITERIO | DEFINICION |
|--------------------------------|---|
| <i>NATURALEZA DEL IMPACTO</i> | |
| 1. Probabilidad de ocurrencia | Posibilidad de que un impacto se presente (alta, media, baja). |
| 2. Ambiente afectado | Grado de penetración de un impacto sobre un ambiente aledaño |
| 3. Penetración geográfica | Area de influencia de la afectación de un impacto (utilizando mapeos o censos de población) |
| 4. Duración | Tiempo de duración del impacto (corto plazo, largo o permanente). |
| <i>SEVERIDAD</i> | |
| 5. Sensitividad local | Conocimiento de la comunidad local acerca del la magnitud del impacto. |
| 6. Magnitud | Evaluación de la seriedad del impacto |
| <i>POTENCIAL DE MITIGACION</i> | |
| 7. Reversibilidad | Grado de reversibilidad y tiempo requerido para su mitigación |
| 8. Costos económicos | Evaluación de los costos asociados con la mitigación del impacto. |
| 9. Capacidad Institucional | Capacidad institucional para valorar el impacto (local, estatal y/o federal). |

Fuente: Canter, L.,1986 citado por Instituto Centroamericano de Administración Pública et al., 1992.

Una vez que se han identificado y cuantificado los impactos físico y biológicos en este caso el siguiente paso es valorarlos en términos monetarios. Sin embargo, asignarles un valor monetario a estos impactos no es fácil. La mayor parte de los bienes y servicios ambientales afectados no tienen un valor en el mercado. Por ello, es necesario utilizar métodos de valoración económica que permitan aproximar un valor, a fin de incorporar esta información en un análisis costo-beneficio.

Los métodos utilizados para la valoración de estos impactos (Munasinghe 1992; Banco Mundial 1992a; Gregersen et al. 1988) (citado por GTZ et al., 1996) se basan en el principio denominado “disposición a pagar” por los recursos y servicios ambientales, denominado también “voluntad de pago”.

La disposición a pagar representa la cantidad de dinero que los individuos o sociedad en general están dispuestos a pagar por recibir un beneficio ambiental o evitar un daño al ambiente. Esta disposición de pago depende del ingreso que reciban las personas, el nivel de conocimiento y la percepción del daño al ambiente y del costo de las medidas necesarias para evitar ese daño (GTZ et al., 1996).

3.6 Metodología de trabajo

Parte de esta metodología de campo fue adaptada de Abarca y Quesada, 1995.

*** *Recopilación de información***

1. Primeramente se contactó al ejecutivo Municipal de Turrialba con el fin de solicitar permisos para realizar esta investigación en el Distrito de Tuis.
2. Con la autorización del Ejecutivo Municipal se procedió a recopilar información bibliográfica y cartográfica en las diferentes dependencias (Ministerio de Salud, Economía y Municipalidad) referente al Distrito en estudio y a su sistema de manejo de desechos sólidos.

*** *Premuestreo***

1. Se llevó a cabo la primera visita al sitio para realizar un reconocimiento del mismo, tomar fotografías así como informar a la población sobre el trabajo a realizar.
2. Se hizo un premuestreo en 14 viviendas de Tuis con la finalidad de conocer rápidamente la desviación estándar del índice de generación de desechos.
3. Posteriormente se calculó el número de viviendas a muestrear con base en el tipo de muestreo polietápico (dos etapas); seleccionando finalmente 71 casas al azar distribuidas en siete segmentos censales seleccionados también aleatoriamente.

* **Trabajo de campo**

1. Se realizó la primera visita a las personas seleccionadas proporcionándoles seis bolsas con la finalidad de que clasificaran sus desechos generados durante siete días. La clasificación de las bolsas la realizó el encuestador en base en los tipos de desechos observados durante el muestreo, como se muestra a continuación:

Materia orgánica, se incluían restos de jardinería y de comida así como cáscaras de frutas, verduras, huevos, comida descompuesta y otros desechos considerados orgánicos.

Plástico, incluía todos los tipos de bolsas y envases plásticos tanto reciclables como no reciclables.

Metal, todo tipo de latas, hojalata, aluminio y material ferroso (en Costa Rica únicamente se recicla el aluminio).

Vidrio, incluía todo tipo de envases de vidrio, frascos, espejos y cristales.

Papel sanitario, comprendía el papel higiénico, toallas sanitarias, pañales, servilletas de comedor etc.

Papel y otros materiales no clasificados, comprendía hojas de escribir, papel periódico, cartón, tetrabrik y otros materiales no clasificados como: tela, zapatos, cerámica pedazos de madera, alfombras etc. (lo cual desechaban esporádicamente).

2. Durante las visitas se podía observar con más detalle el tipo de manejo, recolección y tratamiento final que le daban las personas a sus desechos sólidos.
3. Completados los siete días se recogían las bolsas revisándolas previamente para saber si habían separado correctamente los desechos clasificados; estas eran pesadas para conocer el índice de generación.

4. Asimismo se aplicó una encuesta que pretendía conocer la voluntad de pago para recibir un sistema recolector, la opinión de las familias con respecto a los desechos que generan así como su situación económica y educacional (Anexo 11).
5. A medida que se encuestaban a las personas también se realizaba una evaluación ocular del posible impacto ambiental que provocaba el manejo de los desechos sólidos en Tuis.
6. Habiendo muestreado el total de las familias seleccionadas, se visitaron 14 viviendas extra en la zona centro de Tuis que comprendía a los segmentos (003, 005, 007 y 008) dando un total de 85 viviendas muestreadas.
7. Los desechos que generaban las personas en cada muestreo eran trasladados hasta el relleno sanitario de Turrialba (previa autorización del Ejecutivo Municipal).

*** *Análisis de datos***

1. Los datos generados durante la aplicación de las encuestas fueron almacenados en una base de datos (fox-pro) mostrando la tabla con el total de los datos de las encuestas (Anexo 12), la descripción de las variables utilizadas (Anexo 13) y la codificación de algunas variables utilizadas (Anexo 14).
2. Se realizó el análisis descriptivo de la variables provenientes de la encuesta para obtener el promedio, media, moda, desviación estándar, mínimos y máximos y coeficiente de variación; y para las variables de carácter lógico se obtuvo su distribución de frecuencias (Anexo 15).
3. Asimismo, mediante el apoyo del fox-pro se procesaron los datos provenientes de las 85 encuestas, para tener algunos resultados resumidos en cuadros acerca de la población de Tuis (Anexos 16, 17, 18 y 19).

*** Obtención de Resultados**

I.-Diagnosticar la situación actual

1. Se determinó el índice de generación de desechos sólidos diarios por persona así como el volumen de estos y con base en ello se calculó el volumen que debía tener el sistema recolector de desechos.
2. Asimismo se obtuvo la composición porcentual de desechos sólidos en Tuis en relación con la materia orgánica, plástico, metal, vidrio, papel sanitario, papel y otros desechos sin clasificar.
3. Descripción de las familias agrupándolas en relación a la ubicación geográfica con respecto al centro de Tuis para determinar si diferían en cuanto a la generación de desechos y voluntad de pago.
4. Realización de proyecciones de los índices de desechos sólidos que se producirán para el 2010 en el distrito, basándose en una tasa de natalidad promedio calculada únicamente para el Distrito de Tuis.

II.-Relación entre ingreso mensual, índice de generación y voluntad de pago

1. Agrupación de las familias en tres clases de acuerdo con el ingreso mensual para conocer de que manera influía este sobre la generación de desechos y la voluntad de pago.
2. Mediante el análisis de regresión se corroboró que el ingreso mensual influye sobre el índice de generación de desechos y voluntad de pago.

3. Agrupación de las familias mediante un análisis cluster y discriminante canónico para determinar las variables que influyen en esta agrupación; corroborar de que manera se relaciona el nivel de ingreso con la generación de desechos.

III.-Determinación de impactos ambientales

1. Con la inspección ocular realizada tanto en Tuis como en los barrios y caseríos pertenecientes al mismo Distrito se determinaron de manera subjetiva los impactos al suelo, agua y aire, mediante la matriz de Leopold, a la cual se le realizaron algunas modificaciones.

IV.-Sugerir un plan de manejo

1. Cálculo del volumen de los DS, capacidad del camión recolector y frecuencia de recolección.
2. Determinación del costo que implicaría brindar un servicio de recolección cada 25 días únicamente para la zona de Tuis centro.

*** *Elaboración de conclusiones***

1. Con la obtención de datos provenientes de las encuestas, visitas oculares, matrices, y paquetes estadísticos, se realizó la evaluación y comparación de resultados asimismo contando con el apoyo y sugerencias de las autoridades Municipales.
2. Elaboración de las conclusiones y recomendaciones pertinentes con la finalidad de apoyar a los habitantes de Tuis que tienen algunos problemas con el manejo de sus desechos sólidos, y tratar de colaborar con la Municipalidad de Turrialba brindando sugerencias.

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con la finalidad de contestar los objetivos planteados inicialmente:

- * **Diagnosticar situación actual**
- * **Determinar la relación del ingreso, índice de generación y voluntad de pago**
- * **Determinar los impactos ambientales, y**
- * **Sugerir un plan de manejo**

Los resultados han sido divididos en este orden, para su mejor comprensión. Finalmente como tema de importancia se incluyo una **proyección de la producción de los desechos sólidos para el 2010.**

* ***Diagnosticar la situación actual***

4.1 Manejo de los DS en Tuis

El distrito de Tuis está ubicado en el Cantón de Turrialba, cuenta con una población de 2808 habitantes y aproximadamente 611 viviendas; se observa en algunos casos desechos sólidos a la orilla del río del mismo nombre, en lotes baldíos, pequeños caminos así como en quebradas, aunque esto es esporádico.

Gran porcentaje de la población cuenta con un sitio donde pueden enterrar los desechos sólidos y únicamente un 37,8 % viven en casas muy pequeñas que no tienen patio ya que las casas están muy juntas una de otra; esto sucede principalmente en la zona centro de Tuis.

Dentro de la población encuestada (85 familias) se encontró que la mayoría de los padres de familia cuentan con estudios de primaria (81,18 %); se reporta un número de 4,6 miembros por familia, algunas solo están integradas por dos personas y las que reportan mayor número cuentan con 10 miembros.

Es una población muy homogénea en la que la mayor fuente de ingresos familiar es generada por la agricultura; pueden ser agricultores con tierra propia o jornaleros, donde sus ingresos económicos a lo sumo difieren en 30 000 colones (US\$ 139 aprox), pero sus hábitos alimenticios y de consumo no varían grandemente ya que todos tienen el mismo acceso a las escasas pulperías que existen en la zona y a los productos que en ellas se venden. Las actividades principales agrícolas principales son la siembra de café y caña de azúcar y en algunos casos la ganadería.

Los habitantes de Tuis tienen un gran interés ecológico ya que la mayoría de los encuestados (99 %) manejan adecuadamente los desechos. Asimismo, gran disponibilidad de cooperar en cualquier asunto relacionado con la limpieza del Distrito.

De acuerdo con el estudio efectuado se encontró un índice de generación de 0,218 kg/habitante/día y con base en los muestreos de desechos sólidos realizados en algunas poblaciones pequeñas y áreas marginales de Latinoamérica esta cifra se corrobora ya que también reportan rangos entre 0,200 y 0,500 kg/hab/día, siendo estos valores representativos para la totalidad de estas poblaciones (Jaramillo, 1991).

El problema existente es que actualmente la Municipalidad de Turrialba no puede proporcionar el servicio de recolección de desechos ya que no cuenta con los recursos económicos y logísticos suficientes. Por otra parte Tuis está bastante alejado y sus habitantes la gran mayoría, perciben ingresos muy bajos y se ven incapacitados en poder destinar una cantidad razonable para pagar por un servicio de recolección de desechos sólidos. La voluntad de pago promedio de los habitantes de Tuis es de 155 colones (US\$ 0,72) al mes, e incluso, en muchas ocasiones las personas ni siquiera son capaces de pagar 100 colones mensuales (US\$ 0,46).

Para resolver esta problemática los habitantes de Tuis en la mayoría de los casos, se han ingeniado algunos métodos para deshacerse de los desechos sólidos. En el caso de la materia orgánica la usan como abono, se la dan como alimento a los animales o la entierran en el patio (las personas que cuentan con uno), respecto del plástico, papel sanitario y papel reutilizable la mayoría de las personas lo queman y por último el vidrio y metal lo entierran en el patio o en algunas ocasiones lo almacenan y se lo dan a alguna persona de las casa hogar que pasa recolectando, lo cual no es muy frecuente.

El manejo de los desechos sólidos en Tuis para una gran parte de la población encuestada el 69 % (59 familias) no constituye un problema pues cuentan con grandes terrenos donde pueden enterrarlos. No obstante, el 31% restante (26 familias) si lo consideran un problema ya que en su mayoría viven en el centro de Tuis y no cuentan con espacio donde puedan enterrar los desechos.

A pesar de lo mencionado anteriormente el 82% de los entrevistados (70 familias) opinan que sería conveniente que pasara un camión recolector una vez a la semana , ya que lo que consideran más difícil de manejar es el vidrio y el metal (latas de comida y otras).

Mediante la aplicación de una encuesta a las familias seleccionadas y el pesado de los desechos sólidos se determinó:

- Índice de generación de desechos sólidos
- Producción total de desechos sólidos
- Generación de desechos sólidos al mes
- Composición porcentual de los desechos

El porcentaje de los habitantes muestreados fue de 14,03 % (394 habitantes) de un total de 2808 que constituyen la población del Distrito de Tuis; obteniendo los siguientes resultados:

4.2 Índice de generación de desechos sólidos (DS) o producción per cápita del distrito de Tuis

Esta se refiere a la cantidad de desechos sólidos que produce una persona diariamente y se puede expresar así:

$$ppc = \frac{\text{Dsr en una semana}}{\text{Pob} \times 7 \times \text{Cob}}$$

Donde:

ppc = producción por habitante al día (kg/hab/día)

DSr = cantidad de desechos sólidos recolectados en una semana (kg/sem) ⁴

Pob = población del área urbana (hab)

7 = días de la semana

Cob = cobertura del servicio de aseo (%) (en este caso muestreada)

Para obtener la cobertura de aseo se calcula en este caso con base en los habitantes muestreados :

$$\begin{array}{l} 2808 \text{ hab} \text{ ----- } 100 \% \\ 394 \text{ hab} \text{ ----- } x = 14,03 \% \end{array}$$

$$ppc = \frac{601,19 \text{ kg/sem}}{2808 \times 7 \times 1,03\%}$$

$$ppc = \frac{601,19 \text{ kg/sem}}{2757,73}$$

$$ppc = 0,218 \text{ kg/hab/día}$$

⁴ Para efectos de cálculo se recomienda tomar como mínimo, la producción y recolección de una semana, ya que esta varía de acuerdo con las distintas actividades de la población

Con base en muestreos de desechos sólidos realizados en algunas poblaciones pequeñas, rurales y áreas marginales de la región latinoamericana, se ha encontrado que la ppc (producción por habitante al día) presenta rangos entre 0,2 - 0,5 kg/hab/día. Estos valores son bastante representativos y se podrían asumir para casi la totalidad de estas poblaciones (Jaramillo, 1991). Lo anterior se corrobora durante el estudio realizado en Tuis, siendo el índice de generación al día o lo que es lo mismo producción per cápita de 0,218 kg/hab/día.

4.3 Producción total de DS al día

El conocimiento de la producción de desechos sólidos nos permitirá establecer entre otros aspectos cuáles deben ser los equipos de recolección más adecuados, la cantidad de personal, las rutas, la frecuencia de recolección, necesidad de área para la disposición final, costos y establecimiento de la tarifa de aseo (Jaramillo, 1991); esto es funcional principalmente para las grandes ciudades, donde se tiene que atender gran cantidad de habitantes.

La producción de desechos sólidos está dada por la relación:

$$DSp = Pob \times ppc$$

Donde :

DSp = cantidad de desechos sólidos producidos (kg/día)

(en este caso únicamente a nivel domiciliario).

Pob = población (hab)

ppc = producción per cápita (kg/hab/día)

Sustituyendo :

$$D_{Sp} = 2808 \text{ hab} \times 0,218 \text{ kg/hab/día}$$

$D_{Sp} = 612,144 \text{ kg/día}$ (cantidad de desechos sólidos producidos al día por toda la población de Tuis) (fórmulas tomadas de Jaramillo, 1991).

En este caso con el cálculo de los desechos al día se plantea la opción de un sistema de manejo de desechos adaptado para una zona de tipo rural y de bajos ingresos económicos, ya que no se necesita equipo de recolección costoso, ni se necesitan diseñar rutas por ser muy pequeño (propuesta en acápite 4.16 y Cuadro 25).

Con la obtención de este dato se responde el objetivo referente a la cuantificación de los desechos sólidos producidos a nivel domiciliario.

4.4 Generación de DS al mes

En el Distrito de Tuis existen 2 808 habitantes con una producción media diaria de 0,218 kg por habitante por lo que tendríamos:

- * Producción al día del Distrito **612,14 kg/hab/día ó 0,612 ton/hab/día**
- * Producción al mes del Distrito $612,14 \text{ kg/día} \times 30 \text{ días} = \mathbf{18,364.22 \text{ kg}}$
ó 18,36 toneladas, de los cuales al mes tendríamos la siguiente composición:

| | | Orgánico |
|-------------------------|-----------------------------|---|
| 62 % materia orgánica → | 11 385,8 kg ó 11,38 ton/mes | 62% = 11 385,8 kg |
| 11 % vidrio → | 2 020,06 kg ó 2,02 ton/mes | Inorgánico 38 % = 6 978,39 kg |
| 9 % plástico → | 1 652,77 kg ó 1,65 ton/mes | |
| 7 % papel → | 1 285,4 kg ó 1,285 ton/mes | |
| 6 % papel sanitario → | 1 101,8 kg ó 1,10 ton/mes | |
| 5 % metal → | 918,21 kg ó 0,918 ton/mes | |

Con esta producción de desechos al día y al mes, lo más factible sería instalar *una planta compostera* ya que una gran parte de los desechos sólidos (62 %) *está constituida por materia orgánica*. Se puede pensar en la *posibilidad de recolectar vidrio, papel de escribir y aluminio para reciclarlo y únicamente se obtendría como "basura" o material no reutilizable un 15 % correspondiente al 9 % de plástico (1,65 ton/mes) y 6% de papel sanitario (1,10 ton/mes); dando como resultado 2,75 ton/mes consideradas basura de un total de 18,35 ton/mes de desechos sólidos.*

En el acápite 4.16 se propone un sistema de recolección de desechos sólidos adaptado principalmente para los habitantes de Tuis centro, los cuales en su gran mayoría carecen de espacio suficiente donde enterrar sus desechos.

4.5 Composición porcentual de los desechos sólidos (DS)

Respecto de la composición de los desechos sólidos a nivel domiciliario tanto individual como por familia se encuentra representada de la siguiente forma:

- 1) El **62%** de los desechos sólidos están compuestos por **materia orgánica** lo que equivale a un índice de generación diario por familia de 0,625 kg y 0,152 kg por persona.
- 2) El **vidrio** representa el **11%** del total de los desechos sólidos equivalente a un índice de generación diario de 0,107 kg por familia y 0,027 kg por persona.
- 3) Los **plásticos** corresponden al **9%** del total de los desechos sólidos; lo que significa una generación diaria de 0,088 por familia y 0,021 kg por persona. Aquí se encuentran agrupados todos los tipos PET o PETE, HDPE, PVC, LDPE, PP, PS y otros.
- 4) El **7%** corresponde al **papel de escribir** en que se incluyen otros materiales sin clasificar. Esto corresponde a un índice de generación al día de 0,074 kg por familia y 0,017 kg por persona.
- 5) El **papel sanitario**, representa el **6%** del total de los desechos sólidos lo que equivale a un índice de generación al día de 0,057 kg por familia y 0,014 por persona.
- 6) Lo que menos se encuentra dentro de los desechos sólidos es **metal** representado por el **5%** del total, lo que corresponde a un índice de generación de 0,050 kg por familia y 0,012 kg por persona. Se incluyen aluminio, hojalata y otros (Cuadros 13 y 14 y Figuras 10 y 11).

Los resultados anteriores *son propios de una población rural en que predominan las actividades agrícolas y, las personas, principalmente consumen productos naturales* debido a la *carencia de centros comerciales, encontrando los productos enlatados o sobre empaquetados fuera de sus hábitos de consumo.*

Cuadro 13 Generación de desechos sólidos al día por familia (kg) en Tuis Turrialba, Costa Rica, 1996

| Peso de desechos por familia(kg) | | | | | |
|----------------------------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|
| Matorg/día | Plasti/día | Metal/día | Vidrio/día | Sanita/día | papel/día |
| 0,625 | 0,088 | 0,050 | 0,107 | 0,057 | 0,074 |

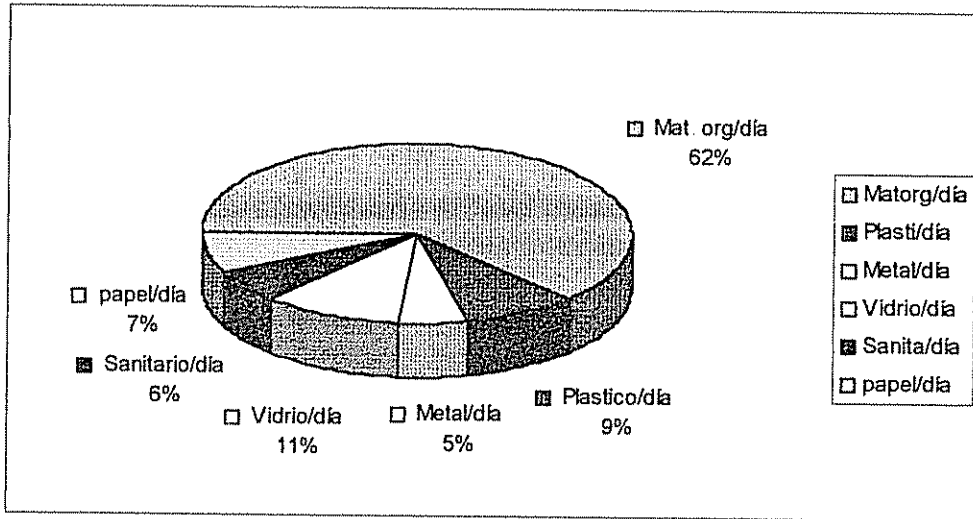


Figura 10 Composición porcentual de DS producidos por familia al día

Cuadro 14 Generación de desechos sólidos al día por persona (kg) en Tuis, Turrialba, Costa Rica, 1996

| Peso de desechos por persona (kg) | | | | | |
|-----------------------------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|
| Matorg/día | Plasti/día | Metal/día | Vidrio/día | Sanita/día | papel/día |
| 0,152 | 0,021 | 0,012 | 0,027 | 0,014 | 0,017 |

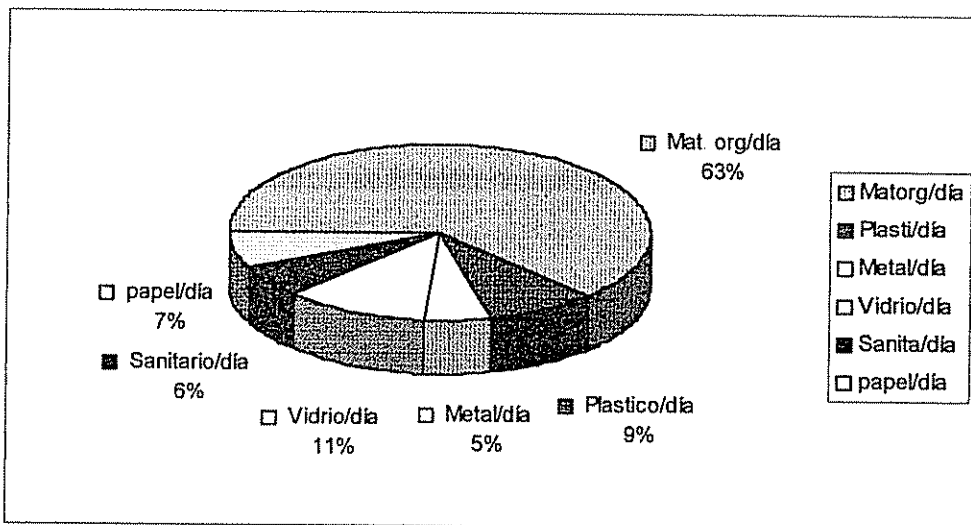


Figura 11 Composición porcentual de DS generados por persona al día

Si se compara la composición porcentual de los desechos sólidos generados en Tuis (zona de tipo rural y agrícola) con los encontrados en estudios realizados en la ciudad de Cartago (zona urbana, comercial e industrial) y San José (urbana, comercial e industrial en menor escala) se encontraría lo siguiente:

Cuadro 15. Composición porcentual de desechos sólidos domiciliarios de Tuis en relación con Cartago y San José

| Localidad | No. de hab. | Mat. orgánica | Vidrio | Plástico | Papel escribir y cartón | Metal (varios) | papel sanitario | Inerte | Indice de generación kg/hab/día |
|-----------|---------------------|---------------|--------|----------|-------------------------|-------------------|-----------------|---------------|---------------------------------|
| Tuis | 2 808 | 62% | 11% | 9% | 7% | 5% | 6% | no se reporta | 0,218 |
| Cartago | 92 551 ⁵ | 54,6 % | 2,0% | 10,3% | 12,8% | 0,5% ⁶ | no se reporta | 19,8% | 0,640 |
| San José | 708371 ⁷ | 72,1% | 1,9% | 10,6% | 7,7% | 2,4% | no se reporta | 5,2% | 0,4-0,5 ⁸ |

Fuente: Datos de encuestas, 1996 ; Instituto Tecnológico de Costa Rica et al., 1996.

Estos resultados reflejan que a medida que los centros de población se encuentran más cerca de los lugares comerciales e industriales se elevan los niveles de plástico ya que actualmente se esta dando una tendencia a emplear este material como empaque de la mayoría de los productos.

⁵ Esta población está calculada aproximadamente considerando que el estudio se realizó en el centro de la ciudad de Cartago y suburbios (Plan Nacional de Desechos Sólidos).

⁶ Sólo se considera aluminio

⁷ Población calculada considerando que el estudio se realizó en los suburbios de San José (Plan Nacional de Desechos Sólidos).

⁸ Indice obtenido del Plan Nacional de Desechos Sólidos de Costa Rica

De manera inversa se encuentra que la presencia de vidrio en poblados más alejados aún no ha sido sustituida del todo por el plástico, ya que se encuentra en porcentajes más elevados. En relación con la materia orgánica, ésta fluctúa en cada ciudad, pero siempre se encuentra como desecho más abundante dentro de la composición total de los desechos sólidos en Costa Rica.

El índice de generación de Tuis en relación con Cartago y San José obedece a las características de que a medida que crece la población en número este índice se ve incrementado también.

4.6 Determinación de la influencia de la ubicación geográfica sobre el índice de generación y voluntad de pago.

4.6.1 Caracterización de las familias del centro de Tuis

Considerando únicamente las 26 viviendas muestreadas de un total de 231 dentro de la zona centro, las cuales se ubican en lo siguientes segmentos:

| No. SEGMENTO | No. CASA |
|--------------|----------------------------|
| 001 | 50, 51, 54, 57, 63, 66 |
| 002 | 2, 43, 74, 80, 92, 98, 112 |
| 003 | 8, 3 |
| 004 | 38, 45, 47 |
| 005 | 5 |
| 007 | 11, 13, 21, 23 |
| 008 | 5, 14, 15 |

Se obtuvieron las siguientes estadísticas:

- ⇒ El índice de generación de desechos sólidos por persona al día es de 0,281 kg.
- ⇒ El 50 % de los encuestados (13 familias) opinan que no tienen ningún problema con el manejo de sus desechos ya que lo consideran como una actividad cotidiana y el 50 % restante (13 familias) consideran que si es un problema el manejo de sus desechos sólidos principalmente porque no tienen espacio en el patio donde enterrar los desechos.
- ⇒ El 3,8 % (una familia) opinan que no necesitan que pase un camión recolector y el 96,15% restante (25 familias) opinan que si les es necesario y que debería pasar una vez por semana.
- ⇒ La voluntad de pago promedio de los habitantes del centro de Tuis en general es de 242 colones mensuales (US\$ 1,12)⁹ y considerando la clase de ingreso se tiene que:

⁹ Tipo de cambio 215 colones por dólar

Clase 1 voluntad de pago 114 colones mensuales (US\$ 0,53)

Clase 2 voluntad de pago 190 colones mensuales (US\$ 0,88)

Clase 3 voluntad de pago 400 colones mensuales (US\$ 1,86)

⇒ La ocupación más frecuente en el centro es la de jornalero, perteneciendo a la clase 2 de ingreso (15 000 - 30 000 colones/mes)

⇒ La *sugerencia más frecuente* de las personas es que *se introduzca un camión recolector* una vez por semana (13 familias, 50%).

De los resultados anteriores se puede mencionar que los habitantes del centro aunque al igual que los de los alrededores pertenecen a una clase de ingreso 2 (15 000-30 000 colones) y tienen como ocupación más frecuente la de jornaleros; los del centro, estando dispuestos a pagar 242 colones mensuales (US\$ 1,12) por el servicio de recolección una cantidad mucho más elevada que la voluntad de pago promedio (155 colones US\$ 0,72) y que la de las personas de los alrededores.

Respecto del índice de generación total por persona, éste es más alto que el de los habitantes de los alrededores.

Lo mencionado anteriormente explica la existencia de *mayor necesidad de un sistema recolector en el centro de Tuis debido a dos razones principalmente:*

- *El índice de generación por persona es más alto que el reportado para los habitantes de los alrededores.*
- *Las propiedades se encuentran más próximas unas de las otras y complicándoseles complica más el manejo de los desechos por carecer de un lugar donde enterrarlos o quemarlos.*

Esta situación es palpable ya que las mismas *personas de Tuis, en 1994 solicitaron a la Municipalidad que llevara a cabo un censo para conocer quienes deseaban un sistema recolector.*

Se presentan los resultados del censo realizado por la Municipalidad en 1994 y los del censo realizado durante la elaboración de este trabajo.

Cuadro 16. Proporción de la necesidad de un servicio de recolección de desechos en el distrito de Tuis, Turrialba, Costa Rica.

| NECESIDAD DE CAMION RECOLECTOR | CENSO DEL MUNICIPIO DICIEMBRE, 1994 ¹⁰ | SITUACION ACTUAL MAYO 1996 |
|--------------------------------|---|----------------------------|
| SI | 74,28 % (104) * | 96,15 % (25) * |
| NO | 20,0 % (28) * | 3,84 % (1) * |
| TOTAL DE FAMILIAS | (132) * | (26) * |

* Número de familias

Nota: Debido al largo período entre la realización de los censos la opinión de los habitantes pudo haber variado.

¹⁰ El censo municipal abarcó los barrios El Milagro, La Paulina y Bo. Setenta.

4.6.2 Caracterización de las familias de la zona circundante (alrededores) al centro de Tuis

Las familias encuestadas en los alrededores del centro de Tuis suman un número de 59 de un total de 380 familias las cuales a continuación se enlistan haciendo referencia al número de casa y al segmento censal perteneciente :

| No. SEGMENTO | No. CASA |
|--------------|--------------------------------------|
| 001 | 1, 6, 12, 38, 47 |
| 002 | 8, 12, 13, 14, 15, 20, 24 |
| 004 | 4, 21, 22, 24, 27, 31, 35, 37 |
| 009 | 2, 5, 8, 9, 11, 12, 19, 25, 27 |
| 010 | 2, 5, 11, 20, 23, 28, 43, 49, 55, 62 |
| 011 | 5, 6, 10, 11, 13, 18, 32, 38, 39, 41 |
| 013 | 7, 9, 12, 18, 24, 25, 26, 30, 33, 35 |

Después de analizar estas encuestas se determinaron las siguientes características para el grupo :

- ⇒ El índice de generación de desechos sólidos diarios por persona es de 0,226 kg.
- ⇒ El 77,9 % de los encuestados (46 familias) opinan que ellos no consideran el manejo de sus desechos sólidos un problema si no una actividad cotidiana y el 22,03 % restante (13 familias) si lo consideran problemático debido a que no tienen espacio suficiente donde enterrar los desechos sólidos como vidrio y metales.
- ⇒ El 23,72 % (14 familias) consideran que no es necesario que pase un camión recolector y el 76,27 % restante (45 familias) opinan que si lo consideran necesario.
- ⇒ La voluntad de pago promedio de los habitantes de los alrededores es de 117 colones (US\$ 0,54)¹¹ mensuales y tomando en consideración la clase de ingreso a la que pertenecen se tiene lo siguiente:

¹¹ Tipo de cambio 215 colones por dólar

Clase 1 voluntad de pago 52 colones mensuales (US\$ 0,24)

Clase 2 voluntad de pago 136 colones mensuales (US\$ 0,63)

Clase 3 voluntad de pago 117 colones mensuales (US\$ 0,54)

⇒ Al igual que en la zona centro la ocupación más frecuente es la de jornalero con una clase de ingreso 2 (15 000 - 30 000 colones/mes).

⇒ La *sugerencia más frecuente* de las personas es que *cada quién maneje sus desechos adecuadamente y se responsabilice de ellos* (24 familias, 40%).

Se observa que los habitantes de los alrededores al igual que los del centro pertenecen a la clase de ingreso tipo dos y tienen como actividad predominante ser jornaleros; sin embargo no están dispuestos a pagar por un sistema recolector la voluntad de pago es de 117 colones (US\$ 0,54) inferior al promedio (155 colones US\$ 0,72).

El índice de generación de desechos sólidos por persona es menor que el de los habitantes del centro 0,226 kg/hab/día. Aunque la mayoría de los encuestados (77,9%) no consideran un problema el manejo de los desechos sólidos, como lo indican en su *sugerencia más frecuente*, el 76,27% estarían de acuerdo con que se les brindara el servicio de recolección a bajo costo.

La explicación referente a que *la mayoría de las personas de los alrededores de Tuis no piensan que la introducción de un sistema recolector es una necesidad primordial aunque si estarían de acuerdo con que éste pasara de vez en cuando puede ser debido a lo siguiente:*

- El *índice de generación* de desechos sólidos reportado *por persona es inferior al de las familias del centro*, posiblemente por la *distancia a la que se encuentran las pulperías*.
- Disponen de *grandes extensiones de terreno donde poder enterrar sus desechos* ya que la mayoría como se mencionó se dedican a las labores agrícolas.

**** Relación entre ingreso,
índice de generación y
voluntad de pago***

4.7 Relación de la generación de DS, ingreso mensual y voluntad de pago.

Para explicar la relación que existe entre el ingreso mensual y la generación de desechos se procedió a agrupar a las familias de acuerdo con tres clases de ingreso:

Clase 1 : Agrupa a las personas que reciben *salario menor de 15 000 colones mensuales (US\$ 70)*. Se ubican *18 de las 85 familias* encuestadas, que tienen en promedio cuatro miembros por familia, edad promedio de los padres de 45,96 años y escolaridad de los mismos de tercer grado de primaria y de la madre con 1° de primaria.

La *producción de desechos sólidos promedio por familia de este grupo es de 0,752 kg/día*. Dentro de este grupo aunque 15 familias (83%) opinan que no consideran un problema el manejo de sus desechos sólidos y tres (17%) opinan lo contrario. Se constata que solo cuatro familias opinan no necesitar un sistema de recolección y las 14 familias (77,7%) restantes si lo necesitan. La *voluntad de pago mensual para recibir un sistema de recolección es en promedio la más baja de los tres grupos (76 colones) que equivale a US\$ 0,35* y siendo jornalero la ocupación más frecuente para este grupo (Cuadro 13 y Figura 14).

Clase 2 : Agrupa a las familias que perciben un *ingreso medio entre 15 000 y 30 000 colones mensuales (US\$ 70 a US\$139,5)*. En este grupo se ubican la mayor proporción de las familias encuestadas (*49 familias*), las cuales tienen en promedio 4,7 miembros por familia y la edad de los padres es casi igual a la de la clase uno (44,37 años), teniendo los padres una escolaridad de tercer año al igual que la clase uno y la escolaridad de la madre es también de primero de primaria.

Tienen un *índice de generación diario por familia* de 1,065 kg. A pesar de que 37 familias (75,5%) no consideran problema el manejo de los desechos sólidos y 12 (24,5%) opinan lo contrario, solo nueve familias (18,36%) se niegan a recibir el sistema de recolección y 40 (81,6%) están dispuestas a recibirlo. *La voluntad de pago mensual* de este grupo es muy cercano al promedio 147 colones (US\$ 0,68), la ocupación más importante es la de jornalero, igual que para la clase uno (Cuadro 13 y Figura 14).

Clase 3 : Agrupa a 18 familias encuestadas que perciben el mayor ingreso de los tres grupos (> 30 000 colones mensuales) (US\$ 139,5). Dichas familias cuentan con el mayor número de miembros cinco (un miembro más que el grupo 1). La edad promedio de los padres es un poco menor a diferencia de los otros dos grupos (40,25 años) siendo la educación de los padres mayor en este grupo (1° de colegio) y la de la madre entre primero y segundo de primaria.

Tienen la mayor *producción de desechos sólidos al día* de los tres grupos 1,075 kg por familia. Se encuentra en mayor proporción a las familias que opinan que para ellos si es problema el manejo de los desechos (11 familias correspondientes al 61%) y únicamente siete familias (38,8%) opinan lo contrario.

La mayoría de las familias consideran que debería existir un sistema recolector, 16 familias (88,8%) y únicamente dos opinan que no es necesario. En este grupo se encuentra como ocupación predominante la de chofer de autobús y otras actividades diferentes. *La voluntad de pago mensual* es más alta 258 colones (US\$ 1,2) variando de cero colones a mil (Cuadro No. 13 y Figura No. 14).

Existe relación directa del ingreso con la generación de desechos sólidos y la voluntad de pago. A medida que incrementa el ingreso familiar también se incrementa ligeramente la generación de desechos sólidos y voluntad de pago para recibir el servicio de recolección de desechos sólidos (Figuras 12 y 13).

Cuadro 17. Clase de ingreso vs generación de desechos sólidos por familia y por persona en Tuis, Turrialba, Costa Rica, 1996

| clase ingreso | cantidad | no de familias | kg/día/fam | Vol. pago | Mat. orgánica | promedios | | por familia | | |
|---------------|---------------|----------------|---------------|--------------|---------------|-----------|-----------|-------------|-----------|---------|
| | | | | | | Plástico | al día | | | |
| 1A | 0-15,000 | 18 | 0,752 | 76 | 0,432 | 0,066 | Metal | Vidrio | Sanitario | Papel |
| 2A | 15,000-30,000 | 49 | 1,065 | 147 | 0,681 | 0,092 | 0,044 | 0,111 | 0,056 | 0,042 |
| 3A | > 30,000 | 18 | 1,075 | 258 | 0,664 | 0,102 | 0,055 | 0,109 | 0,053 | 0,077 |
| | | 85 | | | | | 0,045 | 0,097 | 0,070 | 0,097 |
| | | | | | | | | | | |
| clase ingreso | cantidad | no per/prom | kg/día/per | no.per/total | Mat. orgánica | promedios | | por persona | | |
| | | | | | | plástico | al día | | | |
| 1A | 0-15,000 | 4 | 0,188 | 72 | 0,108 | 0,0165 | metal | vidrio | sanitario | papel |
| 2A | 15,000-30,000 | 5 | 0,213 | 232 | 0,136 | 0,0184 | 0,0110 | 0,0278 | 0,0141 | 0,0106 |
| 3A | > 30,000 | 5 | 0,215 | 90 | 0,133 | 0,0203 | 0,0110 | 0,0218 | 0,0106 | 0,0154 |
| | | | | 394 | | | 0,0090 | 0,0194 | 0,0140 | 0,0195 |
| | | | | | | | | | | |
| clase ingreso | | cantidad | Porcentajes | | de | Desechos | | al Día | por | Persona |
| Mat. orgánica | Plástico | | Mat. orgánica | Metal | | Vidrio | Sanitario | | | |
| 1A | 0-15,000 | 58% | 9% | 6% | 15% | 7% | 6% | | | |
| 2A | 15,000-30,000 | 64% | 9% | 5% | 5% | 5% | 7% | | | |
| 3A | > 30,000 | 62% | 9% | 4% | 9% | 7% | 9% | | | |

NOTA: Esta tesis en su contenido físico no reporta las páginas de la 84 a la 99

Nota : En los casos cuando la letra se encuentra encerrada en un triángulo es señal de que existe una medida de mitigación para ese impacto.

2) Grado de Impacto (calificando con números) aquí se calificó el grado de impacto usando números del 0 al 10 de acuerdo al grado de impacto y el símbolo + ó - según el tipo de impacto:

9 - 10 = Alto (puede ser + ó -). Este impacto cuando es negativo afecta o daña grandemente al ecosistema y paisaje y cuando es positivo puede impactar ocasionando grandes beneficios.

6 - 8 = Medio (puede ser + ó -). Afecta al ecosistema pero no ocasiona situaciones irreversibles, pudiendo ser positivo y negativo.

3 - 5 = Bajo (puede ser + ó -). Solo es un poco notorio a nivel de paisaje.

1 - 2 = Muy bajo (puede ser + ó -). Sus consecuencias casi no son notorias.

0 = Impacto no identificado o no detectado

Nota : cuando el número se encuentra encerrado en un triángulo es señal de que existe una medida de mitigación para ese impacto.

Con base en las siguientes matrices y considerando todos los factores ambientales que pudieren ser afectados por el actual manejo de los desechos sólidos, se obtuvo que el mayor impacto negativo es ocasionado por tirar desechos al río y a terrenos baldíos y los mayores impactos positivos pueden ser ocasionados reutilizando, reciclando y realizando compostaje (Cuadros 23 y 24). En este caso se rechaza la hipótesis planteada inicialmente, debido a que el manejo de los desechos sólidos aún no constituye un problema de contaminación ambiental.

Es importante mencionar que si no se buscan soluciones prontas para el manejo de los Desechos sólidos se obtendrían consecuencias negativas sobre el ambiente. Asimismo hay que aclarar que la evaluación de impacto se realizó de manera subjetiva por lo que tiene una replicabilidad reducida.

CUADRO 23. MATRIZ DE LEOPOLD PARA LA IDENTIFICACION DE IMPACTOS AMBIENTALES
MANEJO DE DESECHOS SOLIDOS EN EL DISTRITO DE TUIS

| FACTORES AMBIENTALES QUE AFECTA | SUELO | | AGUA | | AIRE | | FLORA Y FAUNA | | | | PAISAJE | | | | IMPACTO MAS FRECUENTE | | | | | | | |
|---------------------------------|-------------------------|------------------------|-------------|----------------------------|---------------------------|---------|--------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------|--------------------------|----------------------|---------------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------|-----------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------|--------------|
| | USO POTENCIAL DEL SUELO | ERODABILIDAD (EROSION) | ESTABILIDAD | INFILTRACION DE LIXIVIADOS | DISPONIBILIDAD PARA RIEGO | CALIDAD | MODIFICACION DEL FLUJO-DRENAJE | PRESENCIA DE MATERIALES FLOTANTES | PRESENCIA DE MALOS OLORES | QUEMA (AFECTA VISIBILIDAD) | PARTICULAS SUSPENDIDAS | CAMBIOS EN LA VEGETACION | DAÑOS A LOS CULTIVOS | DAÑOS A LA FAUNA ACUATICA | | DAÑOS A LA FAUNA TERRESTRE | CAMBIOS EN LA IMAGEN | CAMBIOS EN EL RELIEVE | APARIENCIA DEL AGUA SUPERFICIAL | ALTERACION DE LA CUBIERTA VEG | APARIENCIA DEL AIRE | AREAS VERDES |
| ACTIVIDADES | A- | MB- | O | MB- | B- | M-/M- | M-/M- | MB- | MB- | B | B | B | MB- | MB- | M- | M- | B | B | MB- | MB- | B | MB- |
| | A+ | M+ | B+ | MB+ | B+ | B+ | M+ | M+ | M+ | B+ | M+ | M+ | MB+ | M+ | M+ | M+ | M+ | M+ | MB+ | MB+ | M+ | M+ |
| | A+ | B+ | MB+ | B+ | B+ | M+ | M+ | M+ | M+ | MB+ | M+ | M+ | MB+ | M+ | M+ | M+ | M+ | M+ | MB+ | MB+ | M+ | M+ |
| | M+ | B+ | MB+ | B- | MB+ | B+ | B+ | A+ | M+ | M+ | M+ | O | MB- | MB+ | A+ | B- | B- | B+ | O | MB+ | M+ | MB+ |
| | B- | O | O | M+ | B+ | M+ | M+ | B | B- | M- | M- | MB- | MB- | O | B- | O | B+ | B- | B- | M- | M+ | M+ |
| | B+ | MB+ | MB+ | MB- | MB+ | MB+ | MB+ | A- | O | O | O | MB+ | MB+ | MB+ | M+ | B+ | B+ | B+ | MB+ | O | M+ | MB+ |
| | MB- | O | O | O | A- | A- | M- | M- | O | O | O | B- | B- | M- | M- | O | A- | O | O | O | O | A- |
| | A- | M- | M- | A- | O | O | B- | MB- | A- | M- | M- | M- | B- | B- | A- | MB- | O | B- | O | B- | O | M- |
| | MB+ | O | O | MB+ | B+ | B+ | MB+ | MB+ | M- | M+ | M- | O | O | O | O | MB+ | B+ | B+ | O | B- | O | MB+ |
| | B+ | MB+ | MB+ | B+ | B+ | B+ | B+ | B+ | MB- | O | O | O | O | O | O | B+ | MB+ | MB+ | MB+ | O | B+ | B+ |
| | MB+ | O | O | O | M- | M- | M- | M- | B- | O | O | O | O | M- | B- | M- | O | M- | O | O | O | O |
| | MB- | MB- | MB- | B- | B+ | B+ | B+ | B+ | B- | MB+ | MB+ | M+ | B+ | B+ | A+ | B+ | A+ | B+ | B+ | MB+ | MB+ | B+ |

A= alto impacto M= Impacto medio B =bajo impacto MB= muy bajo
O = no se detectó o identificado impacto A =medida de mitigación identificada
Puede ser + o -

SIMBOLOGIA

CUADRO 24. MATRIZ DE LEOPOLD PARA IDENTIFICACION DE IMPACTOS AMBIENTALES
MANEJO DE DESECHOS SOLIDOS EN EL DISTRITO DE TUIS

| FACTORES AMBIENTALES QUE AFECTA | SUELO | | | AGUA | | AIRE | | | FLORA Y FAUNA | | | | PAISAJE | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|-------------------------|------------------------|-------------|----------------------------|---------------------------|---------|--------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------|--------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------|-----------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------|--------------|----|----|
| | USO POTENCIAL DEL SUELO | ERODABILIDAD (EROSION) | ESTABILIDAD | INFILTRACION DE LIXIVIADOS | DISPONIBILIDAD PARA RIEGO | CALIDAD | MODIFICACION DEL FLUJO-DRENAJE | PRESENCIA DE MATERIALES FLOTANTES | PRESENCIA DE MALOS OLORES | QUEMA (AFECTA VISIBILIDAD) | PARTICULAS SUSPENDIDAS | CAMBIOS EN LA VEGETACION | DAÑOS A LOS CULTIVOS | DAÑOS A LA FAUNA ACUATICA | DAÑOS A LA FAUNA TERRESTRE | CAMBIOS EN LA IMAGEN | CAMBIOS EN EL RELIEVE | APARIENCIA DEL AGUA SUPERFICIAL | ALTERACION DE LA CUBIERTA VEG | APARIENCIA DEL AIRE | AREAS VERDES | | |
| ACTIVIDADES | 9- | 2- | 0 | 1- | 5- | 7- | 6- | 6- | 2- | 3- | 2- | 5- | 1- | 2- | 2- | 8- | 2- | 4- | 2- | 1- | 5- | 7- | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10+ | 6+ | 3+ | 2+ | 4+ | 4+ | 6+ | 5+ | 2+ | 6+ | 2+ | 5+ | 2+ | 6+ | 8+ | 1+ | | 3+ | 2+ | 1+ | 6+ | 6+ | |
| | 9+ | 5+ | 2+ | 3+ | 6+ | 6+ | 2+ | 6+ | 3+ | 1+ | 1+ | 3+ | 1+ | 2+ | 7+ | 3+ | | 6+ | 1+ | 1+ | 6+ | 6+ | |
| | 8+ | 5+ | 2+ | 3- | 5+ | 5+ | 4+ | 4+ | 9+ | 8+ | 8+ | 0 | 1- | 3+ | 2+ | 9+ | 3- | 5+ | 0 | 2+ | 7+ | 5+ | |
| | 3- | 0 | 0 | 6+ | 5+ | 6+ | 6+ | 6+ | 5- | 5- | 6- | 2- | 2- | 0 | 2- | 5- | 0 | 3+ | 3- | 6- | 6+ | 6+ | |
| | 3+ | 1+ | 1+ | 2- | 1+ | 1+ | 1+ | 1+ | 9- | 0 | 0 | 1+ | 1+ | 2+ | 2+ | 6+ | 3+ | 5+ | 2+ | 0 | 6+ | 1+ | |
| | 2- | 0 | 0 | 0 | 9- | 10- | 9- | 8- | 7- | 0 | 0 | 3- | 3- | 6- | 4- | 8- | 0 | 9- | 0 | 0 | 0 | 0 | 9- |
| | 9- | 7- | 6- | 9- | 0 | 0 | 3- | 2- | 9- | 8- | 8- | 8- | 6- | 4- | 4- | 10- | 2- | 0 | 0 | 3- | 0 | 8- | 8- |
| | 1+ | 0 | 0 | 2+ | 3+ | 3+ | 2+ | 2+ | 6- | 8- | 7- | 0 | 0 | 0 | 0 | 1+ | 1+ | 0 | 3+ | 0 | 5- | 1+ | 4+ |
| 3+ | 1+ | 1+ | 4+ | 4+ | 4+ | 1- | 3+ | 2- | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3+ | 1+ | 2+ | 1+ | 0 | 3+ | 3+ | 3+ | |
| 1+ | 0 | 0 | 0 | 6- | 7- | 8- | 8- | 4- | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6- | 4- | 8- | 0 | 6- | 0 | 0 | 0 | 6- | |
| INTRODUCCION DE UN CAMION RECOLECTOR | 2- | 1- | 1- | 3- | 5+ | 5+ | 4+ | 5+ | 4- | 2+ | 2+ | 6+ | 4+ | 5+ | 4+ | 9+ | 4+ | 5+ | 3+ | 1+ | 5+ | 5+ | |

9-10: alto impacto 6-8: impacto medio 3-5: bajo impacto 1-2: muy bajo
O no se detectó o identificó impacto A: medida de mitigación identificada
Puede ser + ó -

SIMBOLOGIA

****Plan de manejo sugerido***

4.11 Cálculo del volumen de DS para el Distrito de Tuis

En esta sección se realizó únicamente el cálculo del volumen total de desechos sólidos que se generan en el distrito; es importante en caso de que en un futuro la Municipalidad o una empresa privada planee implementar un proyecto para el manejo de los desechos sólidos en Tuis. Para obtener el cálculo del volumen se utilizó la siguiente fórmula:

$$V \text{ diario} = \frac{D\text{Sp}}{D\text{rsm}}$$

$$V \text{ anual} = V \text{ diario} \times 365$$

Donde:

V diario = volumen de desechos sólidos a disponer en un día ($\text{m}^3/\text{día}$)

V anual = volumen de desechos sólidos en un año ($\text{m}^3/\text{año}$)

DSp = cantidad de desechos sólidos producidos ($\text{kg}/\text{día}$)

365 = equivalente a un año (días)

Drsm = Densidad de los desechos sólidos totales (plástico, vidrio, papel, materia orgánica etc.) la cual puede ser:

500 kg/m^3 para desechos compactados

375 kg/m^3 para camión recolector sin compactar

250 kg/m^3 para desechos sueltos (Jaramillo, 1991) y (recomendación telefónica Quesada, T., 1996).

Sustituyendo tendríamos lo siguiente:

$$V \text{ diario} = \frac{612,14 \text{ kg}/\text{día}}{250 \text{ kg}/\text{m}^3}$$

V diario = 2,44 m^3 volumen diario de desechos sólidos totales generados por todos los habitantes del distrito de Tuis.

$$V_{\text{anual}} = 2,44 \times 365$$

$$V_{\text{anual}} = 890,6 \text{ m}^3 \text{ volumen al año de todo el Distrito}$$

Con este volumen global obtenido para todo el distrito se cumple con el objetivo de determinar la cantidad de desechos sólidos producidos a nivel domiciliario lo cuál como ya se menciono serviría de apoyo para proponer a futuro un plan de manejo para todo el distrito de Tuis.

4.12 Cálculo del volumen de DS para la zona centro de Tuis

Tomando en cuenta que en la zona centro se ubican aproximadamente 231 viviendas, cada una con un promedio de 4,64 habitantes, se tiene una población aproximada para el centro de 1 072 habitantes y considerando que cada uno de estos 1 072 habitantes tiene un índice de generación de 0,218 kg/hab/día esto da un total de 233,69 kg/día de desechos sólidos que se producen en la zona centro. Para calcular el volumen producido al día y al año en la zona centro se usará la fórmula anterior:

$$V_{\text{diario}} = \frac{DSp}{Drsm}$$

$$Drsm$$

$$V_{\text{anual}} = V_{\text{diario}} \times 365$$

Sustituyendo:

$$V_{\text{diario}} = \frac{233,69 \text{ kg/día}}{250 \text{ kg/m}^3}$$

V diario = 0,934 m³ volumen diario de desechos sólidos totales generados por los habitantes de la zona centro del distrito de Tuis.

$$V_{\text{anual}} = 0,934 \times 365$$

$$V_{\text{anual}} = 341,18 \text{ m}^3 \text{ volumen al año de los habitantes del centro}$$

Conocer el volumen diario de los desechos sólidos totales generados por los habitantes de Tuis, permite hacer una estimación del costo que implicaría manejar estos desechos y sugerir una estrategia de recolección como se puede ver en el acápite 4.16; así para realizar el cálculo del volumen de un camión recolector y ver la frecuencia con que éste tendría que ir a Tuis centro como a continuación se muestra.

4.13 Determinación de la capacidad del camión recolector para atender solamente a las familias del centro de Tuis

Con este volumen se puede obtener la capacidad necesaria del camión recolector únicamente para la zona centro de Tuis, considerando que todos los habitantes del centro de Tuis dispusieran los desechos sólidos como metal, papel, vidrio, plástico y materia inerte para ser reciclados o en su defecto enviados al relleno sanitario de Turrialba; ya que la materia orgánica que constituye un 62 % del total de los desechos sería destinada para compost.

Mediante la siguiente fórmula se obtuvo el volumen del camión recolector y la frecuencia con que debe pasar:

$$Vc = (7 \times ppc \times Po) / (Ns \times Dc)$$

Donde:

Vc = volumen del camión recolector m^3

7 = días de la semana

ppc = producción per cápita en $kg/hab/día$

Po = población a servir en habitantes

Ns = número de servicios de recolección en $serv/semana$

Dc = densidad de los desechos sólidos en el camión recolector ($375 kg/m^3$)

Sustituyendo quedaría :

$$V_c = \frac{7 \times 0,218 \times 1072}{1 \times 375}$$

$$V_c = \frac{1,526 \times 1072}{375}$$

$V_c = 4,36 \text{ m}^3$ volumen de un camión proporcionando el servicio una vez a la semana. Este sería el volumen que debería de tener el camión recolector si se llevara todos los desechos; pero considerando que a este volumen se le restaría un 62% correspondiente materia orgánica y 6 % de papel sanitario obtendríamos lo siguiente.

Del volumen obtenido el camión recolector únicamente se llevaría un 32 % de los desechos correspondiente a papel de escribir, vidrio, metal, plástico y otros. Si tenemos que $4,36 \text{ m}^3$ corresponden a un 100% entonces el 32% sería un volumen de $1,39 \text{ m}^3$ que se acumularían a la semana.

Debido a que la *capacidad de los camiones recolectores es de 5 m^3* y de acuerdo con la siguiente regla de tres tendríamos que *$1,39 \text{ m}^3$ equivalen a siete días de acumular los desechos y para juntar un volumen de 5 m^3 tendrían que pasar 25 días.*

Se sugiere, entonces, una *frecuencia de recolección de cada 25 días* lo que equivaldría a que *15 veces por año* tendría que pasar el camión recolector de la Municipalidad de Turrialba por el centro de Tuis.

4.14 Estudio de recuperación de DS orgánicos en Tuis

De acuerdo con estudios realizados en México se estima que aproximadamente el 50 % de los desechos sólidos orgánicos son susceptibles de tratamiento y comercialización (Deffis, 1989).

Utilizando esta información, se realizaron las siguientes estimaciones para el caso de Tuis en donde se tiene una población estimada de 2 808 habitantes. Se realizó el cálculo de la recuperación económica por venta de desechos sólidos orgánicos considerando el índice de generación (kg/hab/día) y suponiendo que se vendiera el kg de compost a 30 colones (US\$ 0,13) por suponer un precio bajo, ya que el abono orgánico actualmente lo pagan a 40 colones (US\$ 0,18) el kg, por lo que se tendría lo siguiente:

Siendo el Índice de generación de desechos sólidos totales = 0,218 kg/hab/día

0,218 kg/hab/día x 2808 hab = 612,14 kg de desechos sólidos de todos los habitantes de Tuis al día.

Por tanto el 50 % es recuperable (Deffis, 1989) lo que corresponde a 306 kg/día y si se quiere conocer cuanto sería composteable al mes, se obtendría lo siguiente:

306 kg/día x 30 días = 9 182 kg/mes ó 9,18 ton/mes

De dicha cantidad de desechos sólidos orgánicos se recuperaría vendiéndolo a 30 colones el kg :

9 182 kg/mes x 30 c = 275 464 colones y transformando a dólares (tipo de cambio 215) = **US\$ 1 281 que se recuperan al mes de la venta de los desechos orgánicos.**

Esta estimación es un supuesto de la recuperación económica que se tendría en caso de que se recolectara y se vendiera la materia orgánica de todo el distrito de Tuis. Esta sección es únicamente informativa ya que actualmente la gran mayoría de la población reutiliza la materia orgánica como abono para las plantas o alimento de sus animales.

4.15 Estudio de recuperación de DS inorgánicos de Tuis

Con base en estudios realizados en México se estima aproximadamente que un 30 % de los desechos sólidos inorgánicos son recuperables y posiblemente comercializables en el mercado como aluminio, vidrio, papel, cartón y ciertos plásticos (Deffis, 1989).

Por lo cuál adaptando estos datos a Tuis, con 2 808 habitantes, se realizo un cálculo de la recuperación económica que se tendría por venta de desechos sólidos reciclables considerando el índice de generación de desechos por habitante al día y suponiendo que se vendiera el kg de material recuperable a un precio bajo (supuesto) de 15 colones¹² se obtendría lo siguiente:

Siendo el Índice de generación de desechos sólidos totales = 0,218 kg/hab/día

0,218 kg/hab/día x 2 808 hab = 612,14 kg de desechos sólidos por todos los habitantes de Tuis al día.

De los que el 30 % es recuperable (Deffis, 1989) = 183,6 kg/día y si quiere saber cuanto sería recuperable al mes se obtendría lo siguiente:

183,6 kg/día x 30 días = 5509 kg/mes ó 5,5 ton/mes

¹² Precio estimado del anexo 8

De dicha cantidad de desechos sólidos se recuperaría lo siguiente vendiéndolo a 15 colones el kg:

5509 kg/mes x 15 c = 82 635 colones y transformando a dólares (tipo de cambio 215)

= US\$ 384,3 que se recuperan al mes de la venta de los desechos inorgánicos.

Esta estimación es sólo una alternativa en caso de que se recolectaran y dieran a la venta los desechos orgánicos de toda la población; ya que actualmente existen varios compradores de material reciclable, seguramente esta propuesta sería realizable si se juntara este material y se lograra llevar a los centros de acopio aproximadamente cada cuatro meses para evitar pérdidas en el envío.

4.16 Costos para ofrecer un sistema de recolección

La cotización para brindar el servicio de recolección, en un futuro, cada 25 días únicamente al centro de Tuis está basada en una cotización realizada para el cantón de Turrialba obteniendo solo los gastos que realizaría la Municipalidad al enviar un camión recolector (de volteo) aproximadamente 15 veces por año con un chofer y dos peones; así como contratar a dos personas de Tuis para el manejo interno de los desechos sólidos.

Sistema de recolección de desechos sólidos : el camión recolector de la Municipalidad (con un chofer y dos peones) pasaría cada 25 días únicamente recogiendo papel, metal, vidrio, plástico y materia inerte en Tuis centro. Dicho camión recolector llegaría únicamente a un lugar especial “centro de acopio” en donde se encuentren los estañones con los desechos ya clasificados.

Para la recolección y manejo de la materia orgánica (componente predominante de los desechos sólidos) de la zona centro sería necesario contratar una persona del pueblo que posea un carretón con un caballo y proporcionarle una carretilla manual. La persona pasaría recogiendo la materia orgánica dos veces por semana y sería remunerada por la Municipalidad contemplando en su sueldo los gastos de mantenimiento y alimentación del caballo. Es importante que esta persona sea de la zona ya que conoce mejor a los habitantes y podría cobrarles por cada vez que le den la materia orgánica 10 ó 20 colones (US\$ 0,04 - 0,09) dependiendo de los kilos que recoja. Asimismo, se encargaría de ir a depositar esta materia orgánica a un terreno pequeño destinado para composta que él mismo deberá manejar.

Serán necesarios once estaciones ¹³ con rótulos para depositar vidrio (tres estaciones), plástico (dos y medio)¹⁴, papel (dos estaciones), metal (uno y medio), y materia inerte (un estación) éstos únicamente serán utilizados para los desechos de las personas que no dispongan de un patio donde enterrarlos (principalmente las del centro de Tuis) o las personas que deseen reciclar material como aluminio, vidrio y papel. El acarreo de este material a los estaciones deberá realizarlo cada persona ya que estarán ubicados en un sitio donde les queden accesible a la mayoría o de paso para tomar el bus (Cálculo del número de estaciones Anexo 20) .

Además, se contratará a otra persona que se encargue de vigilar el correcto funcionamiento de los estaciones y ver si realizan la separación adecuadamente. La persona encargada de recoger materia orgánica en el centro de Tuis pasará mensualmente recogiendo los desechos de los habitantes alejados del centro de Tuis (únicamente vidrio, aluminio y papel) para ello usará el carretón y también la carretilla en lugares de difícil acceso.

Se anexa figura de lo que podría ser el sistema propuesto para Tuis y en el Cuadro 25 se presenta la cotización de lo propuesto anteriormente:

¹³ Número de estaciones calculado de acuerdo con el volumen que se obtendría al mes de cada tipo de desechos

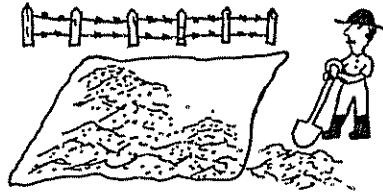
¹⁴ Los medios pueden ser considerados como un estación ya sea grande o pequeño.

Poblaciones alejadas del centro de Tuis

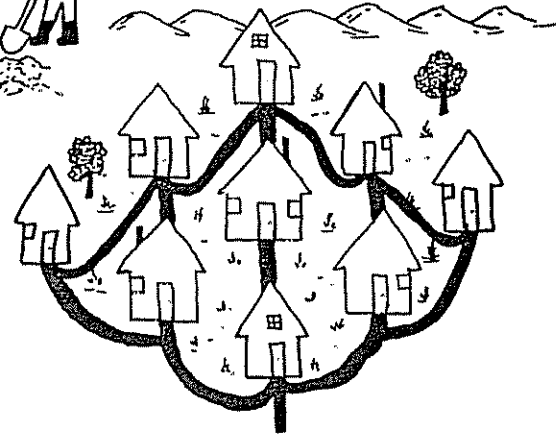


Podrán entregar únicamente vidrio y aluminio a la persona que pasará cada mes. La materia orgánica podrán seguirla ocupando en sus huertos y dándosela de alimento a los animales.

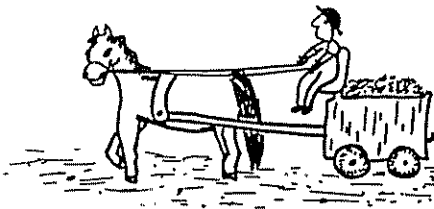
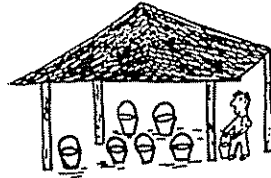
Composta en las afueras de Tuis
(Manejada por la misma persona que recoge la materia orgánica)



Centro de Tuis
Local donde se puedan entregar únicamente los DS clasificados



Persona recogiendo únicamente mat. org. 2 veces por semana



Cada habitante de Tuis centro podrá entregar personalmente sus desechos en el pequeño centro de acopio, los cuales deben ir limpios y clasificados (funcionando martes y jueves 8 días al mes)

Turrialba → → →



Municipalidad

Cada 25 días iría un camión proporcionado por la Municipalidad a recoger los desechos como (papel, metal, vidrio y mat. inerte), los cuales podrán ser entregados a las industrias que reciclan o entregarlos en el relleno sanitario de Turrialba.

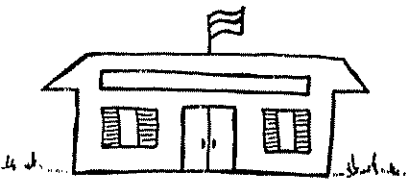


Figura 16 Sistema sugerido para el manejo de los desechos sólidos en Tuis, Turrialba, Costa Rica, 1996

Cuadro 25. Cotización por el sistema de recolección de desechos sólidos domiciliarios, Tuis, Turrialba, Costa Rica, 1996.

| CONCEPTO | COSTO EN COLONES AL AÑO¹⁵ |
|--|---|
| Gastos del camión recolector (15 veces/año) por mantenimiento y reparación | 39 669,75 |
| Gastos en seguro del vehículo | 5 048,25 |
| Combustible | 45 000 |
| Lubricantes y conexos (15% del gasto del combustible) | 6 750 |
| Llantas (unidad 72 000 colones) | 27 692,25 |
| Neumáticos (unidad 4 650 colones) | 1 788,75 |
| Capas (2 peones) (unidad 2 800 colones) | 269,25 |
| Pares de zapatos (3 personas contando al chofer) (unidad 1 775 colones) | 512,1 |
| Pares de guantes (2 peones) (unidad 600) | 230,85 |
| Uniformes (3 personas contando al chofer)(unidad 4 100) | 1 182,75 |
| Pago a empleados: | |
| 1 chofer ¹⁶ (salario al día 2 175 colones) | 32 625 |
| 2 peones ¹⁵ (salario al día 4 256 colones) | 63 840 |
| Cargas sociales | 25 287 |
| pago a 1 persona ¹⁷ que vigile la correcta separación e los estañones (salario al día 2 175 colones) | 208 800 |
| Alquiler de un local pequeño con techo donde se pongan los 5 estañones para separar los desechos (4 x 2 mt) | 60 000 |
| Alquiler de un terreno pequeño en las afueras de Tuis donde se realice la composta de desechos orgánicos (únicamente servicio para los habitantes del centro de Tuis) (10 x10 mts) | 180 000 |
| Pago a la persona encargada de recolectar aluminio y vidrio (en lugares alejados) y materia orgánica (sólo centro de Tuis) ¹⁸ . | 486 000 |
| TOTAL (colones al año) | 1'184 696 |
| (dólares al año) | 5 510 |

Fuente : Municipalidad de Turrialba; Achoy, 1994; Achoy, 1996

¹⁵ Los costos fueron calculados en meses de 26 días y considerando que el camión recolector pasará únicamente cada 25 días (15 veces al año).

¹⁶ Sólo trabajan 15 veces por año

¹⁷ Sólo trabajara 96 días al año

¹⁸ Trabajando 2 días/semana en Tuis y 1 día/mes en los alrededores, total 9 días/mes * 12 meses = 108 días/año

Pago por el sistema recolector : El proporcionar el sistema de recolección propuesto anteriormente tendría un costo de 1' 008 521 colones al año (US\$ 5 510) más un 25% adicional para la Municipalidad que comprende 10% de gastos administrativos y 15% de gastos para imprevistos dando un total de US\$ 6887,5 por año. En este caso se proponen dos formas de pago para los habitantes de Tuis:

- 1) Considerando la ubicación geográfica
- 2) La clase de ingreso económico

De acuerdo a la ubicación geográfica si las 231 familias del centro aportaran 155 colones mensuales (US\$ 0,72), voluntad de pago promedio y las 380 familias de los alrededores pagaran al mes únicamente 50 colones (US\$ 0,23) por la recolección de materiales reciclables.

Se obtendría un total mensual de 54 805 colones (US\$ 255) y al año 657 660 colones (US\$ 3059 al año); siendo el déficit resultante de US\$ 3828,5 al año (US\$ 10,48 al día) que podrían ser subsidiados por la Municipalidad, por medio del dinero proveniente de los impuestos municipales (com. per. Achoy, 1996).

Considerando la segunda alternativa de pago de acuerdo a la clase de ingreso de las familias se tiene que si las de la clase de ingreso uno (más baja) pagaran 76 colones/mes; los de la clase dos (intermedia) 147 colones/mes y la clase tres (alta) 258 colones al mes se obtendría un total mensual de 94 937 colones y al año 1' 139 244 colones (US\$ 5 298).

En este caso el déficit anual sería más bajo US\$ 1 588,7 (US\$ 4,35 al día) que como se menciona anteriormente podrían ser subsidiados por la Municipalidad en este caso con mayor facilidad.

****Proyecciones para el 2010***

4.17 Proyección de la población de Tuis para el 2010

El crecimiento poblacional se puede estimar por métodos matemáticos, o vaciando los datos censales en una gráfica y haciendo una proyección de la curva dibujada. En este caso se utilizaron datos de los censos reportados y se obtuvieron varios índices de crecimiento optando utilizar el promedio de los crecimientos poblacionales; a continuación, se presentan los datos de incremento poblacional y la manera de como se obtuvo el crecimiento poblacional promedio.

Cuadro 26. Incremento de la población del Distrito de Tuis, Turrialba, Costa Rica

| AÑO | TOTAL HABITANTES | INCREMENTO DE HABITANTES | PERIODO |
|---------------|------------------|--------------------------|----------|
| 1989 | 2 561 | ----- | ----- |
| 1° Enero 1992 | 2 678 | 117 | 3 años |
| 1° Julio 1992 | 2 697 | 19 | 6 meses |
| 1° Enero 1995 | 2 792 | 95 | 2,5 años |
| 1° Julio 1995 | 2 808 | 16 | 6 meses |

Utilizando una regla de 3 se obtuvieron los siguientes incrementos en la población para varios periodos:

De 1989 a 1° enero 1992

2 561 ----- 100 %

117 ----- x = 4,56 % aumento la pob. en 3 años

Del 1° enero 1992 al 1° julio 1992

2 678 ----- 100 %

19 ----- x = 0,70 % aumento en 6 meses; por lo que es predecible que en ese año aumentó un 1,41%

Del 1° julio 1992 al 1° enero 1995

2 697 ----- 100 %

95 ----- x = 3,52 % aumento en 2,5 años

Del 1° de enero 1995 al 1° julio 1995

2 792 ----- 100%

16 ----- x = 0,57 % aumento en 6 meses por lo que es predecible que un año aumentó un 1,14 %

Después de tener los datos anteriores se calculó el incremento anual para cada período:

Cuadro 27. Cálculo de incremento anual de la población de Tuis, Turrialba, Costa Rica

| Incremento poblacional (%) | No. Años | Incremento Al Año (%) | Promedio del Crecimiento Poblacional |
|----------------------------|----------|-----------------------|---|
| 4,56 | 3 | 1,52 | 1,36 % al año por cada 100 personas (existentes) |
| 1,41 | 1 | 1,41 | |
| 3,52 | 2,5 | 1,40 | |
| 1,14 | 1 | 1,14 | |

Con los cálculos anteriores se obtuvo un índice de crecimiento poblacional aproximado únicamente tomando los datos del Distrito de Tuis ya que los censos reportan un índice de crecimiento para todo el Cantón de Turrialba; se considera que este índice puede variar en el distrito de Tuis por ser una población pequeña.

Para calcular la proyección de la población para el año 2010 se utilizó la siguiente fórmula de empleada por Jaramillo en 1991.

$$Pf = Po (1 + r)^n$$

Donde :

Pf = población futura

Po = población actual

r = tasa de crecimiento

n = (tf - to) intervalo en años

Sustituyendo quedaría:

$$Pf = 2808 \text{ hab } (1 + 1,36)^{15 \text{ años}}$$

$$Pf = 2808 (1,0136)^{15}$$

$$\mathbf{Pf = 3\ 438,7 = 3\ 439 \text{ habitantes para el año 2010}}$$

4.18 Proyección de la producción total para el 2010

La producción anual de desechos sólidos se debe estimar con base en las proyecciones de la población y producción per cápita. Para el crecimiento de la producción per cápita (ppc) conviene saber que difícilmente se encuentran cifras que den la idea de como puede variar anualmente; no obstante, para obviar el punto se recomienda calcularlo con una tasa de incremento anual del 1 % de la producción per cápita total (Jaramillo, 1991).

Para obtener la proyección se utilizo la siguiente fórmula:

$$PDSt = Pf \times ppc + 1 \% \text{ (por cada año y en este caso son 15)}$$

$$PDSt = 3439 \times 0,218 + 15 \%$$

$$PDSt = 3439 \times 0,2507$$

$$\mathbf{PDSt = 862,15 \text{ kg/día cantidad de desechos sólidos producidos al día por todo el Distrito de Tuis para el año 2010.}}$$

Donde:

PDSt = proyección de los desechos sólidos totales para determinado año

Pf = población futura en este caso para el año 2010

ppc = producción per cápita o índice de generación

1 % = correspondiente a la tasa de incremento anual de la ppc

V.- CONCLUSIONES

- ◆ Gran porcentaje de las familias encuestadas, principalmente del centro de Tuis consideran el manejo de los desechos como un problema, debido a que no cuentan con el espacio suficiente donde enterrarlo.
- ◆ El 82% de las familias encuestadas estarían de acuerdo con que existiera un sistema recolector, debido a que el manejo de ciertos desechos como el vidrio y el metal es difícil y además ocupa mucho espacio.
- ◆ El índice de generación de desechos diario de los habitantes de Tuis (producción per cápita (ppc)) es de 0,218 kg/habitante/día; ubicándose dentro de los rangos reportados (0,2-0,5 kg/hab/día) para las poblaciones pequeñas, rurales y áreas marginales de Latinoamérica.
- ◆ Existe relación entre el ingreso económico de las familias y la generación de desechos sólidos como se corrobora con el análisis de regresión, cluster y discriminante canónico.
- ◆ El ingreso económico tiene influencia sobre la voluntad de pago para recibir un sistema recolector; así, al aumentar el ingreso de la familia también se incrementa la voluntad de pago, en ocasiones seis veces más que la voluntad de pago promedio.
- ◆ No existen aún problemas de carácter ambiental debido a que las personas tienen una elevada conciencia ecológica, se encontró que sólo un 1% de los encuestados tiraban sus desechos a un terreno baldío.

- ◆ Se determinó que el tirar desechos al río o a terrenos baldíos son las acciones que ocasionan los mayores impactos negativos aunque son muy poco frecuentes y las de mayor impacto positivo son reutilizar, reciclar y realizar compostaje de desechos sólidos.
- ◆ La población en general se considera bastante homogénea en cuanto a sus hábitos de consumo e índices de generación; debido a que tienen la misma accesibilidad a productos similares que se venden en las escasas pulperías de la zona.
- ◆ Actualmente a la Municipalidad le es muy difícil brindar el servicio de recolección de desechos sólidos por la distancia entre Turrialba y Tuis y por la falta de recursos económicos y logísticos para hacerlo; esto podría estar a su alcance si el servicio se proporcionara cada 25 días (15 veces/año) como se propone en este trabajo.
- ◆ El costo del sistema de recolección propuesto tendría un déficit anual mínimo de US\$ 1 588,7 (US\$ 4,35 diarios) hasta un máximo de US\$ 3 828,5 (US\$ 10,48 diarios) considerando dos opciones de pago de los habitantes de Tuis; que podrían ser subsidiados por parte de la Municipalidad mediante la desviación de recursos que se generan por los impuestos municipales.

VI.- RECOMENDACIONES

- ◆ Incentivar y motivar a la población para realizar el correcto manejo de los desechos sólidos mediante charlas para que cambien sus hábitos a la hora de realizar sus compras, adquiriendo productos que no ocasionen fuerte impacto al ambiente. Esto podría hacerse por medio de pláticas que les brinden personas de la misma Municipalidad o estudiantes que estén realizando un trabajo comunal universitario (TCU) relacionado con la materia.
- ◆ Emplear sistemas de recolección de menor costo inicial como triciclos, carretillas, carretas de tracción humana o manual, carretones jalados por un caballo.
- ◆ Ubicar estaciones en el centro de Tuis donde se pueda depositar plástico, metal, vidrio, papel reutilizable y materia inerte; todo correctamente limpio y clasificado, siendo importante que una persona (contratada por la Municipalidad) se encargara de vigilar el adecuado uso de los estaciones.
- ◆ El servicio de recolección de desechos sólidos en el distrito de Tuis podría ser brindado por la Municipalidad, si éste se proporciona cada 25 días (15 veces al año) como se propone en el estudio, enviando los desechos a una planta recicladora y lo no reciclable al relleno sanitario de Turrialba.
- ◆ Para manejar la materia orgánica, la Municipalidad podría contratar a una persona de Tuis que se encargue de recogerla dos veces por semana con un carretón jalado por un caballo o una carretilla manual únicamente en el centro de Tuis.

- ◆ Destinar un terreno para utilizarlo como composta manual ya que si todos diariamente, destinaran la materia orgánica se recibirían aproximadamente 379,5 kg al día; pero suponiendo que sólo los habitantes del centro de Tuis lo utilizaran, esta composta recibiría un 50 % menos . Este terreno podría ser alquilado por algún agricultor de la zona y la composta que se obtuviera se le proporcionaría a él mismo como pago por uso del terreno. Se debe tomar en consideración los gastos por la adición de carbón y nitrógeno.

- ◆ Para los habitantes más alejados del centro de Tuis, se podrían recoger cada mes únicamente vidrio y aluminio para reciclar ya que ellos poseen patios más grandes donde pueden manejar más fácilmente sus desechos sólidos y cobrarles 50 colones mensuales (US\$ 0,23).

- ◆ En el caso de Tuis es posible considerar la instalación de un relleno sanitario manual, ya que es recomendado para poblaciones que generan menos de 20 toneladas al día y en este caso se generan solamente 0,682 toneladas al día.

- ◆ Realizar convenios por medio de la Municipalidad con las industrias que se encargan de reciclar papel, vidrio y aluminio, para que recojan el material reciclable a las comunidades alejadas por lo menos cada tres meses.

- ◆ Fortalecer la capacidad de los gobiernos municipales para administrar y manejar desechos, ó en algunas ocasiones sería necesario privatizar el manejo de los mismos generando una competencia entre las empresas privadas que se dediquen al manejo y procesamiento de los desechos.

- ◆ Se recomienda que en caso de volverse a retomar la situación en Tuis se estudie más a detalle la parte tarifaria considerando a las personas que participen del servicio de recolección, asimismo considerar posibles adaptaciones y modificaciones al plan de manejo de desechos sólidos.

VII .- BIBLIOGRAFIA

- ABARCA, L.; QUESADA, T. 1995. Estudios y diseños complementarios de proyecto de manejo de desechos sólidos Ciudad Píllaro, Provincia de Tungurahua. Informe de Misión. Tungurahua, Ecuador, GTZ. s.p.
- ACHOY, J. 1996. Información sobre apoyos que proporciona la Municipalidad. Costa Rica. Municipalidad de Turrialba (Apoyos de la Municipalidad para proporcionar el sistema recolector).
- AGENCIA ESPAÑOLA DE COOPERACION INTERNACIONAL. 1995. Recolección y disposición final de la basura: un servicio público municipal. San José, Costa Rica. Programa DEMUCA. 223 p.
- ARELLANO, J.; RIVAS, M.; ALEGRIA X; MONREAL, J.; RIHM, A.; SANCHA, A. 1996. Estudio de composición y proyección de desechos sólidos domiciliarios en Santiago y estudio de mercado y reciclaje. In PC/Febrero. Chile. p 16-21.
- BEEDE, D.; BLOOM, D. 1995. The economics of municipal solid waste. The World Bank Research Observer. 10(2): s.p.
- CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1995. Resumen acumulado de datos meteorológicos hasta 1995. Ed. Francisco Jiménez. Turrialba, Costa Rica.
- CASTRO THAMES, C.; GONZALEZ DUARTE, S.; XOON, S. R. 1994. Seminario. Técnicas para el manejo ambientalmente adecuado de desechos en empresas e instituciones. San José, Costa Rica, Fundación CEPRONA. 32 p.

- CHINCHILLA, E. 1987. Atlas cantonal de Costa Rica. San José, Costa Rica, Instituto de Fomento y Asesoría Municipal. v.1, p. 187-190 .
- CLUB ECOLOGICO YISKI. 1996. El problema de la basura: isu solución!. San José, Costa Rica. 24 p.
- COLEGIO TECNICO DE GUATUSO; OMA; USAID. 1993. Reducir Reusar Reciclar : ¿Qué podemos hacer con la basura de la zona norte?. Guatuso, Costa Rica. s.p.
- CONESA, V. 1995. Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental. 2 ed. México, Ediciones Mundi-prensa. p. 51-167.
- DEFFIS, C. 1989. La basura: es la solución. México, Editorial Concepto. 275 p.
- DELGADO, R.; MURILLO, M.; RETANA, R.; GARCIA, R. 1994. Mapa del Distrito 7° de Tuis, Cantón 5° Turrialba. 2ª edición. San José, Costa Rica. Dirección General de Estadística y Censos. 1 : 10 000 blanco y azul.
- FERREIRA, P; LOPEZ, G.; PEREZ, J. 1995. Apuntes curso de estadística. Turrialba, Costa Rica, CATIE, Programa de maestría. sp.
- FONT, F. 1993. Resumen de Propuesta Técnica del Concurso público para servicio de disposición final en el Relleno sanitario: Provincias de San José y Cartago. San José, Costa Rica, Font, S.A. consultor ambiental. s.p.
- INSTITUTO DE FOMENTO Y ASESORIA MUNICIPAL. 1992. Turrialba: Apuntes históricos y otros datos. San José, Costa Rica. p. 38-55.
- INSTITUTO DE FOMENTO Y ASESORIA MUNICIPAL. DEPARTAMENTO DE PLANIFICACION. 1992. Cantones de Costa Rica : datos básicos. San José, Costa Rica. p 89-90.

COSTA RICA. MINISTERIO DE ECONOMIA, INDUSTRIA Y COMERCIO. DIRECCION GENERAL DE ESTADISTICA Y CENSOS. 1995. Costa Rica: Cálculo de Población por Provincia, Cantón y Distrito al 1° de Enero de 1995. San José, Costa Rica, Dirección General de Estadística y Censos. 26 p.

_____. MINISTERIO DE ECONOMIA, INDUSTRIA Y COMERCIO. DIRECCION GENERAL DE ESTADISTICA Y CENSOS. 1995. Costa Rica: Cálculo de Población por Provincia, Cantón y Distrito al 1° de Julio de 1995. San José, Costa Rica, Dirección General de Estadística y Censos. 24 p.

COSTA RICA. MINISTERIO DE GOBERNACION Y POLICIA. 1986. Censo de vivienda 1984. San José, Costa Rica, Imprenta Nacional. p 33.

COSTA RICA. MINISTERIO DE SALUD. DEPARTAMENTO DE CONTROL AMBIENTAL. 1994. Reglamento sobre el manejo de basuras y sobre rellenos sanitarios. San José, Costa Rica. 13 p.

GOBIERNO DE COSTA RICA; GTZ. 1991. Plan Nacional de Manejo de Desechos Sólidos de Costa Rica: Informe final. San José, Costa Rica. 143 p.

GOBIERNO DEL ESTADO DE VERACRUZ; SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO; DIRECCION GENERAL DE ASUNTOS ECOLOGICOS. 1994. Instalación y operación de rellenos sanitarios. Veracruz, México. 75 p.

_____; SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO; DIRECCION GENERAL DE ASUNTOS ECOLOGICOS. 1994. Manejo de la basura en poblaciones pequeñas. Veracruz, México. 24 p.

GOMEZ, D. 1994. Evaluación de impacto ambiental. 2 ed. España, Editorial Agrícola Española. 260 p.

- GTZ; MUNICIPALIDAD DE SAN JOSE; FUNDACION DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA PARA LA INVESTIGACION. 1993. Determinación de la relación entre consumo eléctrico y la generación de desechos. San José, Costa Rica, Proyecto regional GTZ-OPS/CEPIS. 120 p.
- GTZ; IICA; CEPPI. 1996. Evaluación y seguimiento del impacto ambiental en proyectos de inversión para el desarrollo agrícola rural: una aproximación al tema. San José, Costa Rica. 270 p.
- GUJARRATI, D. 1992. Econometría. 2 ed. Trad. Victor Mayorga. México, Mc Graw Hill. 597 p.
- HERNANDEZ, C. 1995. Apuntes de curso de Manejo de Desechos. Guápiles, Costa Rica, Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda.
- INSTITUTO CENTROAMERICANO DE ADMINISTRACION PUBLICA; AUTORIDAD SUECA PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL; CONTRALORIA GENERAL DE LA REPUBLICA. 1992. Curso regional sobre formulación y evaluación de proyectos de desarrollo con énfasis en evaluación de impacto ambiental. (1992, San José, Costa Rica). 300 p.
- INSTITUTO TECNOLOGICO DE COSTA RICA; MUNICIPALIDAD DE CARTAGO; y COMUNIDAD CARTAGINESA. 1995. Clasifique los desechos 4R : camine hacia el futuro. Cartago, Costa Rica. sp.
- _____ ; MUNICIPALIDAD DE CARTAGO; COMUNIDAD CARTAGINESA. 1995. Manejo de desechos Cantón central de Cartago. Cartago, Costa Rica. 19 p.
- _____ ; SLOTH, J.; HOEJ, C. 1996. The quality and the composition of the waste produced by the Municipallity of Cartago. Carta, Costa Rica. 28 p.

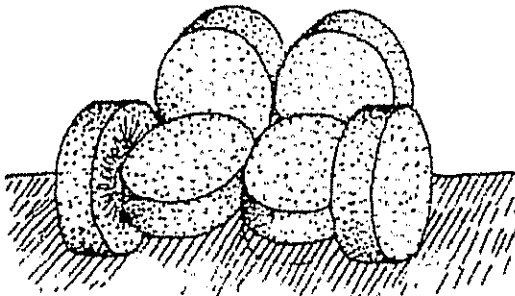
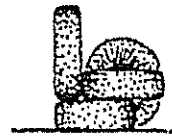
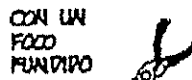
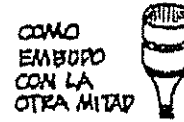
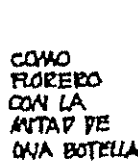
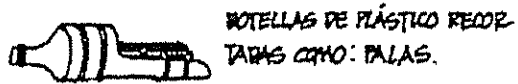
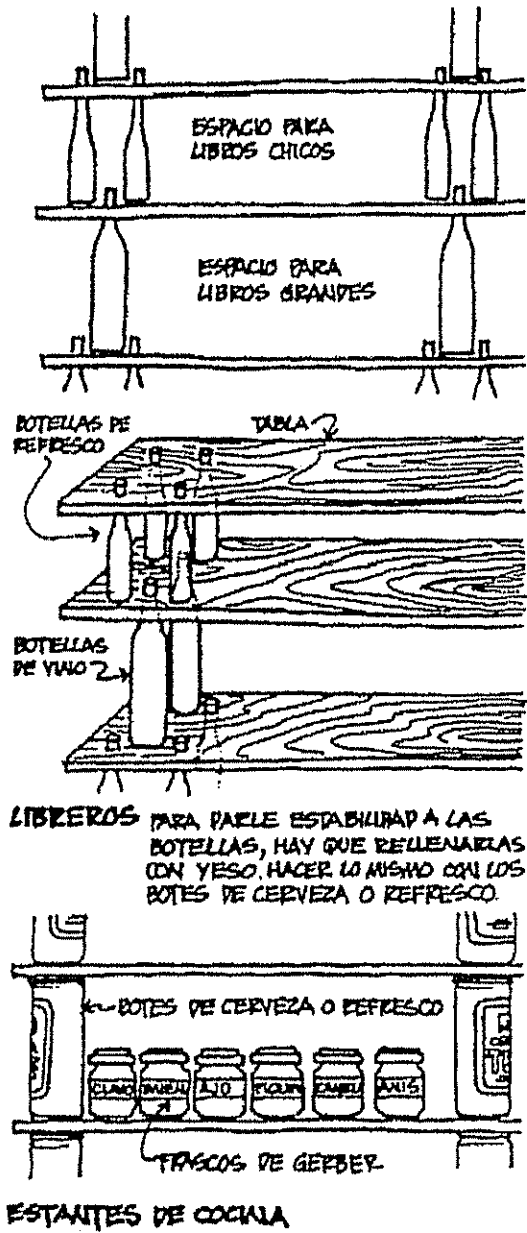
- JARAMILLO, J. 1991. Desechos sólidos municipales: Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. Washington, Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud. 214 p.
- KHARBANDA, O.; STALLWORTHY, E. 1990. Waste management: towards a sustainable society. New York, Auburn House. 235p.
- KISH, L. 1982. Muestreo de encuestas. Parte II. México, Edit. Trillas. 736 p.
- LOPEZ, J.; VIDAL, F.; MARTINEZ, J. 1975. Basura urbana: recogida, eliminación y reciclaje. España, Editores Técnicos Asociados. 294 p.
- LOPEZ, M. 1992. Método de la matriz de Leopold. In Curso Regional sobre Formulación y Evaluación de Proyectos de Desarrollo con énfasis en Evaluación del Impacto Ambiental (1992, San José, Costa Rica). San José, R.R., ICAP, ASDI, Contraloría General de la República. p 1-3
- MEXICO. SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA. SUBSECRETARIA DE ECOLOGIA y CENTRO DE ECODESARROLLO. 1992. Dime qué tiras y te diré quién eres... . México, SEDUE. 10 p.
- MONREAL, J.; LUGARI, J.; INCER, A. 1990. Informe sobre el manejo de residuos sólidos urbanos en Costa Rica y proposiciones para su mejoramiento. San José, OPS/OMS, División de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud. 30 p.
- MUNICIPALIDAD DE TURRIALBA; ACHOY, V. 1994. Estudio de costos y cálculo de tasas para los servicios de recolección de basura y limpieza de vías públicas. Turrialba, Costa Rica. s.p.
- QUESADA, T. 1996. Información sobre la densidad de los desechos sólidos. san José, Costa Rica. FUNDEVI. (proporcionó cifras exactas sobre la densidad de los desechos sólidos en varias circunstancias).

SALAZAR, O. 1970. Monografía de Turrialba (Historia General del Cantón de Turrialba desde la conquista hasta nuestros tiempos). Turrialba, Costa Rica, Municipalidad de Turrialba. 337 p.

SHULTZ, S; LULOFF, A; KING, D. 1991. The contingent and hedonic valuation methods: techniques for valuing a community 's resources. *Journal of the Community Development Society* 22(2):35-45

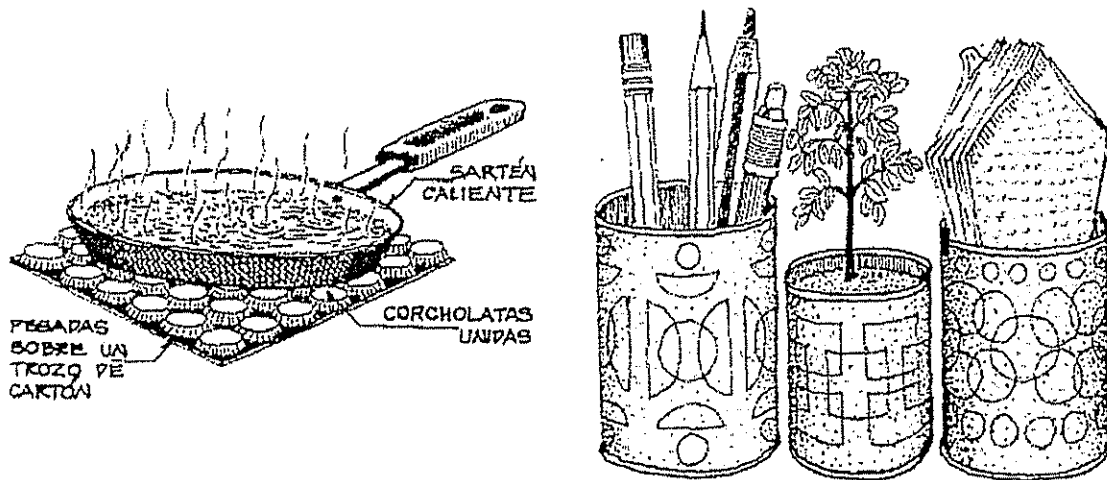
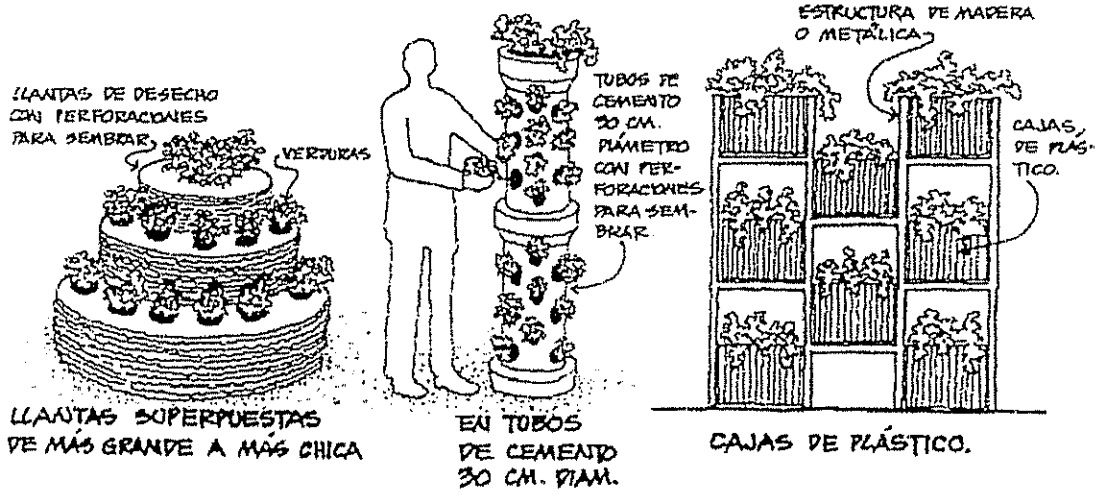
TUCHMAN, J. 1991. Preserving the global environment. The challenge of shared leadership. U.S.A. American Assembly, World Resources Institute. 347 p.

VII.- ANEXOS



Anexo 1 Artículos que se fabrican con desechos sólidos

Fuente: Deffis, 1989

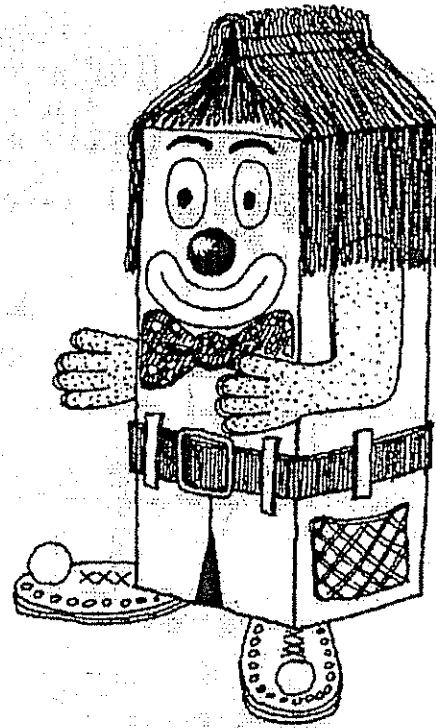
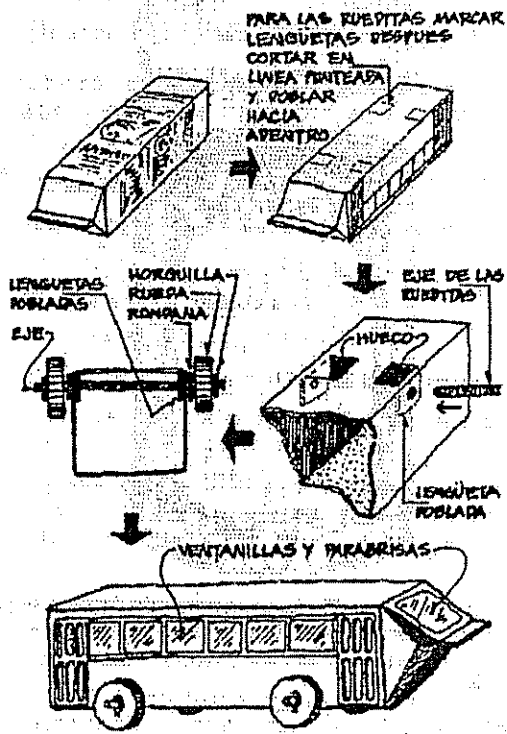


Con las corcholatas pegadas a un trozo de cartón se puede fabricar un soporte para trastes calientes.

Lapiceros, servilleteros y macetitas con latas forradas de papel estampado o pintadas con pintura de aceite.

Anexo 2 Artículos que se fabrican con desechos sólidos

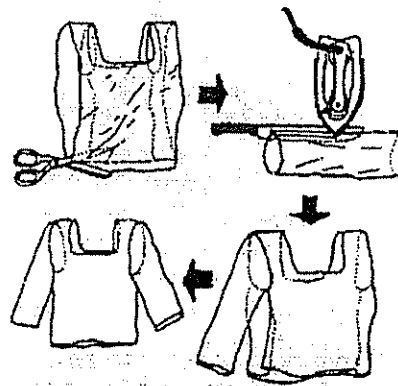
Fuente: Deffis, 1989



Los niños pueden, con los empaques de la leche, fabricar carritos, camioncitos, ferrocarriles, payasos y otros juguetes.



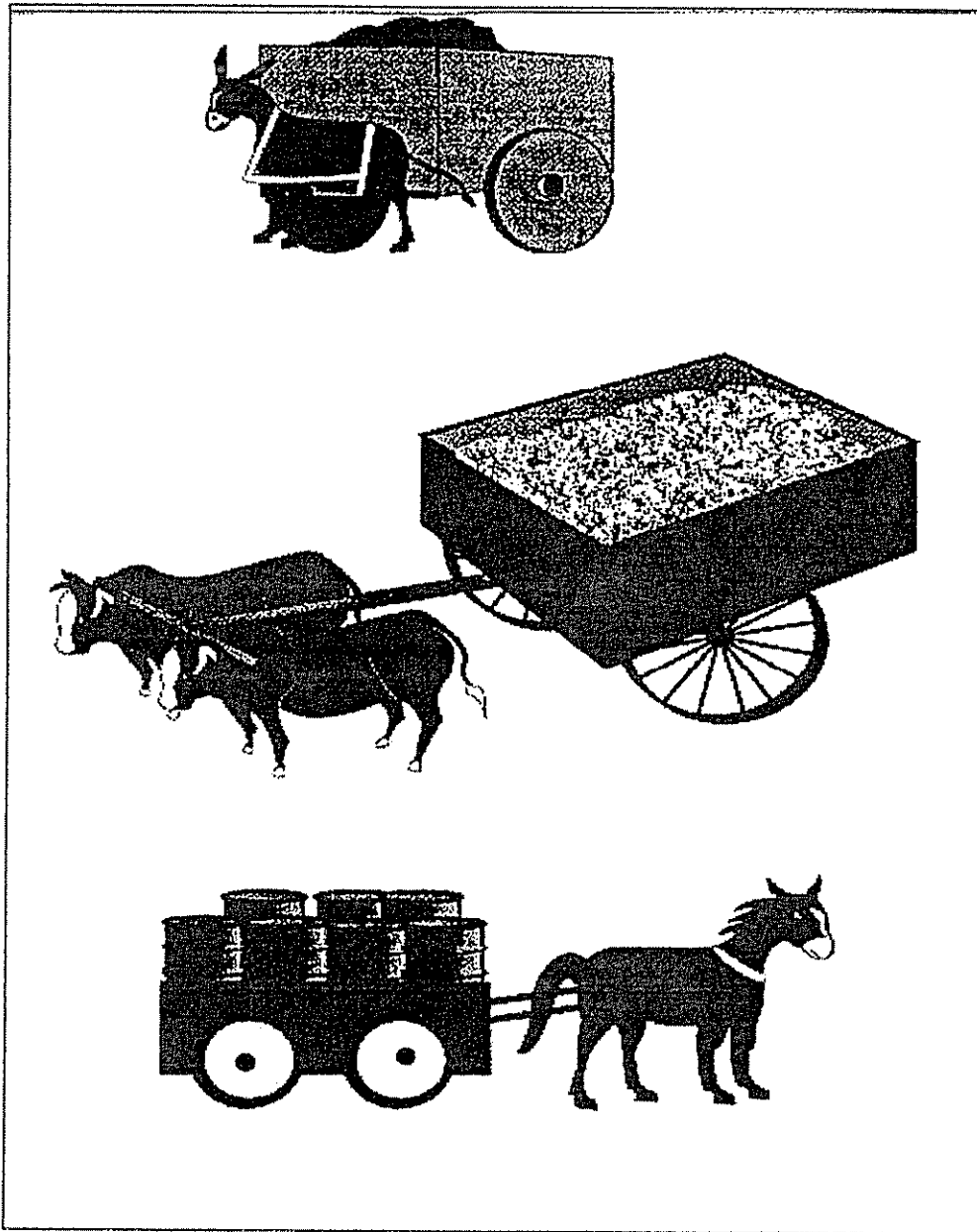
Lámparas de aceite o petróleo utilizando frascos de vidrio, de alimento para bebés y botellas de vino.



Camisa impermeable fabricada con bolsas de plástico del super mercado.

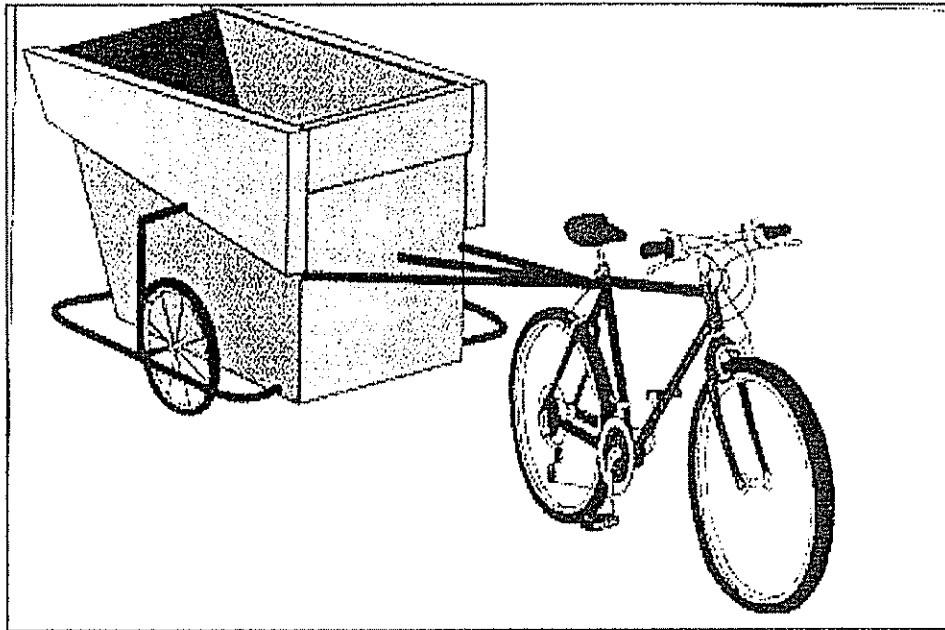
Anexo 3 Artículos que se fabrican con desechos sólidos

Fuente: Deffis, 1989



Anexo 4 Carretas y remolque de tracción animal

Fuente: Agencia Española de Cooperación Internacional, 1995



Anexo 5 Triciclo

Fuente: Agencia Española de Cooperación Internacional, 1995

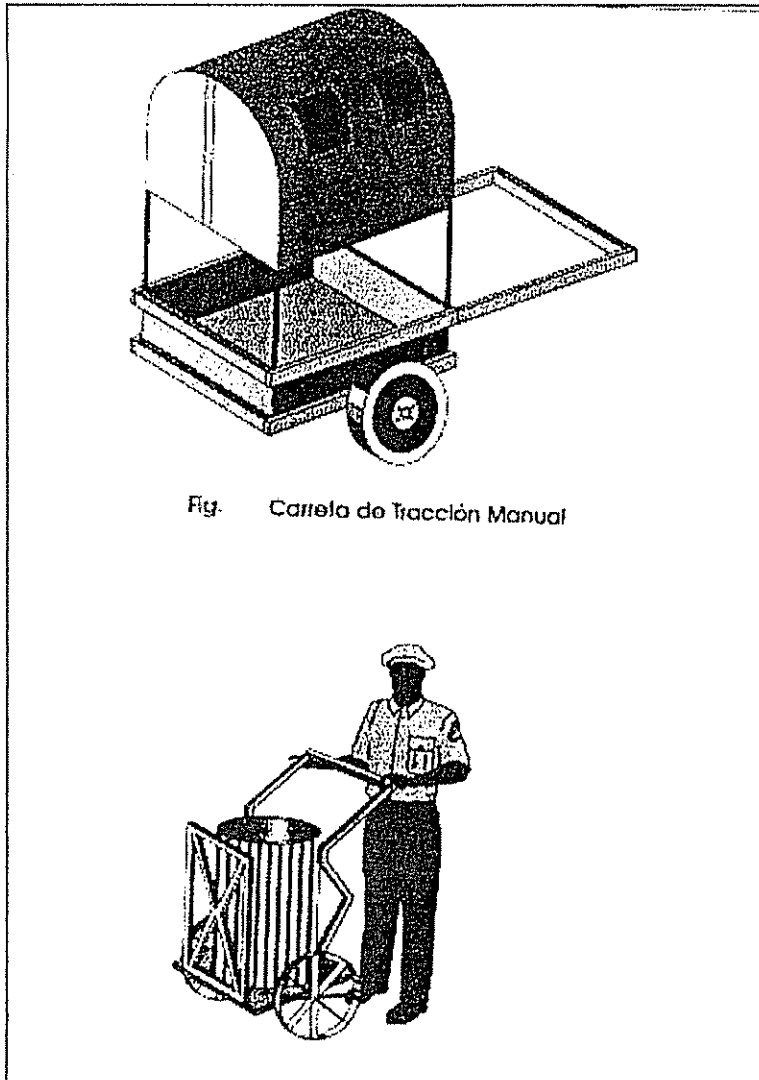
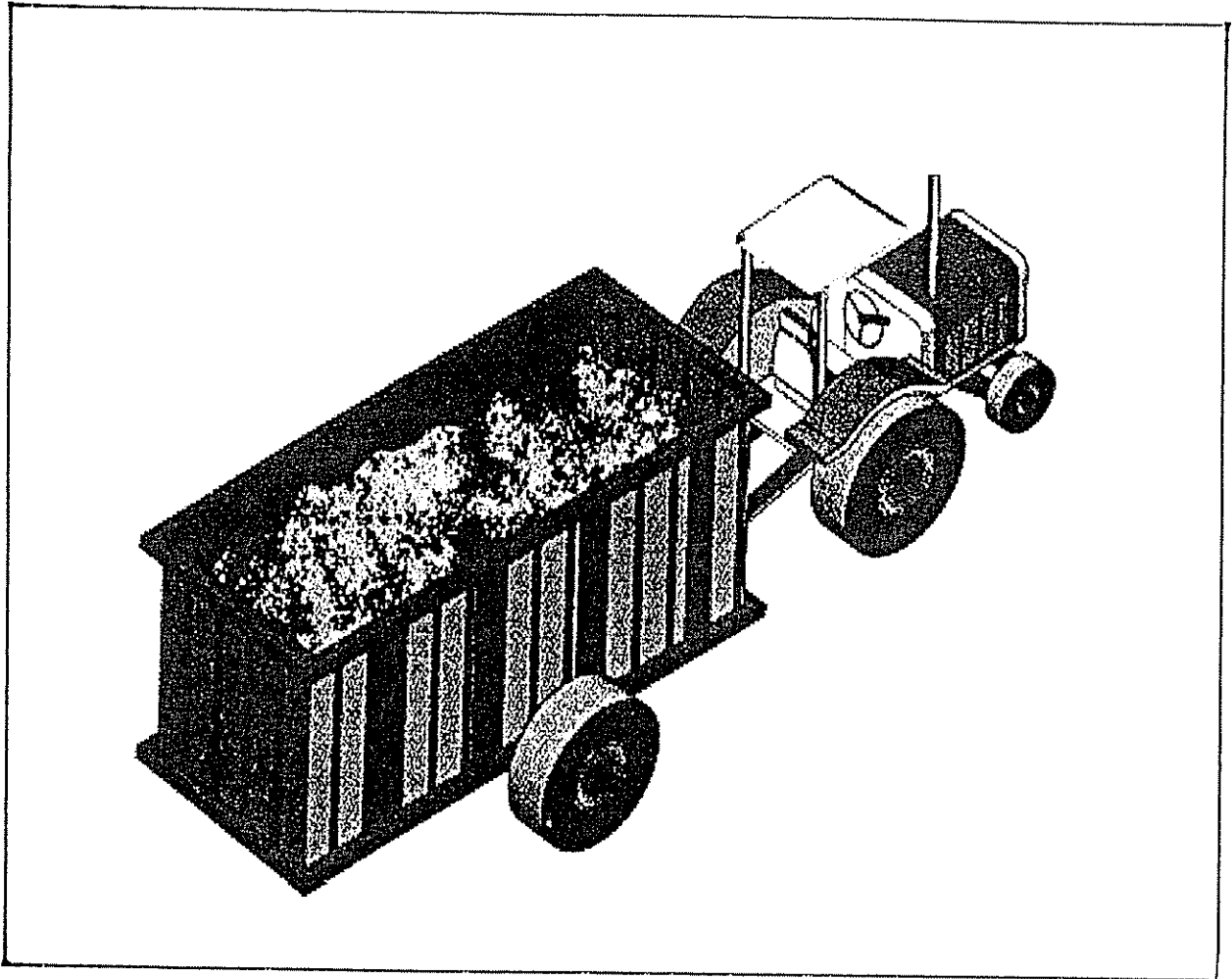


Fig. Carreta de Tracción Manual

Anexo 6 Carretas de tracción humana

Fuente: Agencia Española de Cooperación Internacional, 1995



Anexo 7 Recolección secundaria

Fuente: Agencia Española de Cooperación Internacional, 1995

Anexo 8 Información sobre centros de recolección en Costa Rica

| Nombre | Dirección y teléfono | Encargado | Reciben |
|--------------------------------|---|---------------------|---|
| FUNEM | Loma Linda, desamparados 250-7451 | | aluminio, papel y vidrio. |
| IMAPASA | La Uruca 233-5787 | Carlos Barquero | papel, cartulina, vidrio y aluminio. |
| División de Empaques Molina | Santa Ana 282-7759 | | cartón, cartulina |
| Scott Paper Co. | 239-0222 | | papel |
| CAPRI S.A. | De la Iglesia San Pedro Montes de Oca, 100 E y 150 N 225-6227 | | compran: Plástico, papel, cobre y aluminio |
| Durman Esquivel | 223-9411 | Federico Chacón | plástico, envases de galón. |
| Ladrillera La Sabana | Entres Sabana sur y Escazú 232-5260 | Arnoldo Capra | cartón, cartulina y papel |
| Hogares Albernia | Sn Isidro Heredia 268-8591 | Ana Vargas | papel y vidrio |
| Recolección de plástico Darwin | Solamente a nivel industrial 259-6767 | José Alfonso Regaño | plástico |
| ACIPLAST | De la Toyota Paseo Colón 200 N 255-0961 | Juan Unfried | plástico |

| Nombre | Dirección y teléfono | Encargado | Reciben |
|-----------------------|--|------------------------|---|
| Foro cívico siglo xx | Nopal Desamparados 300 sur 259-2893 | José Manuel Bustos | papel, vidrio aluminio y plástico. |
| Tecniplast | Barrio México 233- 4849 | Mauricio Odio | bolsas de plástico de arroz, azúcar, frijol y supermercados |
| Recicladora la Sirena | 235-8005 | Ing Franklin Chávez | plástico tipo duro. bolsas |
| VICESA S.A. | Cartago 551-2864 | | vidrio ámbar, verde y cristalino |
| Ricalit | 551-0866 | | papel |
| Clara Brenes | 551-8348 | | |
| Grupo Yiski | 236-3823 | | |
| CEPRONA | 226-7959 | | |
| ROYMA | 240-5960 | | |
| POLYMER | 231-4455 | | plástico |
| Cervecería Costa Rica | | | aluminio |
| Empaques Santa Ana | 282-7766 | | cartón |

Fuente : Instituto Tecnológico de Costa Rica et al, 1995; Club Ecológico Yiski, 1996.

Continúa anexo 8. Centros de acopio que compran desechos

| Nombre | Dirección y teléfono | Tipo de desecho que compran y precio en colones (C*) |
|--------------------------------|---|---|
| San José | | |
| La Hawaiana | La Uruca 258-0051 | Papel blanco 12 c/kg Papel periódico 14 c/kg Aluminio 75 c/kg |
| INPASA | La Uruca 233-5787 | papel periódico 12 c/kg papel blanco 10-15 c/kg papel computadora 30 c/kg |
| Manuel Porras C. | N Esc. Naciones Unidas 256-4011 | papel blanco 16-20 c/kg papel periódico 10-13 c/kg p. computadora 30-35 c/kg |
| RECOPRIMAX, SA. | SE Cía Numar Bo. Cuba 222-8617 | Batería 20 c/kg, aluminio 75 c/kg, bronce 90 c/kg, cobre 240 c/kg, papel 10 c/kg |
| Céline Campos Díaz | Ciudadela 25 julio, Hatillo 252-0415 | papel blanco, periódico y para computadora 10 c/kg |
| Bodega de envases Tiribí | Puente Tiribí Desamparados 227-2942 | periódico 10 c/kg, botella vidrio 10-15 c/unidad |
| Recolectora y empacadora CAPRI | N Iglesia Sn Pedro Montes de Oca 225-6227 | Directorios 25 c/kg papel 5 c/kg |
| Alajuela | | |
| Francisco y David Cambronero | O Corte suprema de Justicia 441-2883 | papel blanco 20,000 c/ton periódico 14,000 c/ton p. computo 14,000 c/ton cartón 5,000 c/ton aluminio 80 c/ton Vidrio 5-30 c/unidad |

| | | |
|-------------------------|---|--|
| Centro CADES S. XXI | Grecia 494-4337 | Cartón 4 colones*/kg cartulina 10 colones/kg papel 10 colones/kg |
| Cartago | | |
| Héctor Campos Sánchez | N. cementerio aguas calientes 551-5943 | papel 30 c/kg, periódico 6 c/Kg, p. computo 35 c/kg, revistas y directorios 6 c/Kg, cartón 5 c/kg |
| Bodegas El Molino | E. Taberna el surco 551-6142 | periódico 12 c/kg, libros 8 c/kg, revistas 8 c/kg, papel blanco 8 c/kg, bolas plástico 10 c/kg, aluminio 75 c/kg, bronce 100 c/kg, cobre 250 c/kg, botellas 25 c/unidad, baterías sin ácido 20 c/kg, material inservible 3 c/kg. |
| Heredia | | |
| Jorge Arieta Villalobos | Belén 239-1659 | papel blanco 15 c/kg periódico 12 c/kg |
| Erasmó Beita Heinrich | 260-7020 | papel blanco 20 c/kg |
| Puntarenas | | |
| MASADA, LTDA. | E. Municipalidad Puntarenas 661-0067 | periódico 12 c/kg aluminio 90 c/kg cobre 210 c/kg bronce 85 c/kg |

* Tipo de cambio del colon (217 colones por 1 dólar)

Fuente: investigación del autor vía telefónica con cada centro de acopio, nov. 1996

**Anexo 9 Compradores industriales de desechos en el valle central,
Costa Rica**

| Material | Precio de compra colones/tonelada | Condiciones del material | Reciclador | Cantidad mínima ton |
|--|--|-------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| Papel: | | | | |
| Periódico | 13 000 | seco y limpio | Scott Paper | 1 |
| Blanco escrito por un lado | 21 000 | seco y limpio | Scott Paper | 1 |
| | 11 000 | seco y limpio | Scott Paper | 1 |
| Blanco escrito por dos lados | 26 000 | seco y limpio | Scott Paper | 1 |
| | 26 000 | seco y limpio | Scott Paper | 1 |
| Especial sin tinta de computadora | | | | |
| “Plásticos” | 15 000 | limpio | RECINA | cualquiera |
| Vidrio separado | 4 000 | por colores | VICESA | cualquiera* |
| Vidrio mezclado | 1 700 | varios tipos | VICESA | cualquiera* |
| Metales: | | | | |
| Cobre | 115 000 | sin oxidar | Huri S.A. ** | cualquiera |
| Hierro | 35 000 | sin oxidar | Perfection SA ** | cualquiera |
| Bronce | 90 000 | sin oxidar | Fundición Alajuelense ** | cualquiera |
| Aluminio | 50 000 | sin oxidar | Pedazos de metal | cualquiera |
| Plomo de baterías | 55 000 | sin oxidar | | cualquiera |

* Recuperación hecha por FUNEM

** Reciben todos los metales

Fuente : Gob. de Costa Rica; GTZ, 1991

Anexo 10 Datos del premuestreo en Tuis, Turrialba, Costa Rica, 1996

| No. ENCUESTA | PESO (kg) | DIAS | No. PERSONAS | PESO/VIV/DIA | PESO/PER/DIA |
|---------------------------|-----------|------|--------------|--------------|--------------|
| 001 | 13,650 | 14 | 4 | 0,975 | 0,243 |
| 002 | 6,400 | 8 | 6 | 0,800 | 0,133 |
| 003 | 5,600 | 9 | 4 | 0,622 | 0,155 |
| 004 | 18,100 | 12 | 6 | 1,508 | 0,251 |
| 005 | 4,300 | 7 | 3 | 0,614 | 0,204 |
| 006 | 8,800 | 7 | 4 | 1,257 | 0,314 |
| 007 | 6,000 | 7 | 3 | 0,857 | 0,285 |
| 008 | 2,600 | 5 | 2 | 0,520 | 0,260 |
| 009 | 0,500 | 2 | 4 | 0,250 | 0,062 |
| 010 | 2,800 | 2 | 3 | 1,400 | 0,466 |
| 011 | 3,400 | 2 | 3 | 1,700 | 0,566 |
| 012 | 28,000 | 14 | 5 | 2,000 | 0,400 |
| 013 | 3,300 | 2 | 5 | 1,650 | 0,330 |
| 014 | 2,200 | 2 | 7 | 1,100 | 0,154 |
| ESTADISTICAS DESCRIPTIVAS | | | | | |
| SUMATORIA | | | | 15,253 | 3,823 |
| PROMEDIO | | | | 1,090 | 0,273 |
| MEDIA | | | | 1,038 | 0,256 |
| VARIANZA | | | | 0,265 | 0,019 |
| DESVEST | | | | 0,514 | 0,137 |

**Anexo 11 Encuesta de generación de DS y voluntad de pago
en Tuis, Turrialba, Costa Rica, 1996**

| | | |
|---|---------------|-----------------------|
| Distrito No : _____ Segmento Censal: _____ Número de la vivienda : _____ | Fecha : _____ | No. de encuesta _____ |
| I.- UBICACION ubicación de la casa: _____ | | |
| II.- DATOS GENERALES Número de habitantes en la casa: _____ Edad, sexo y nivel de educación de cada miembro : | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| III.- SERVICIO Y MANEJO DE LOS DESECHOS SOLIDOS Peso de los desechos sólidos (kg). ¿Qué destino les dá a los siguientes desechos sólidos habitualmente? | | |
| 1 Materia orgánica _____ kg: _____ | | |
| 2 Bolsas y otros plásticos _____ kg: _____ | | |
| 3 Metales, latas etc _____ Kg: _____ | | |
| 4 Envases y botellas de vidrio _____ Kg: _____ | | |
| 5 Papel sanitario y pañales desechables _____ Kg: _____ | | |
| 6 Papel de escribir, cartón, periódico y otros _____ Kg: _____ | | |
| - 1 - | | |

¿Es para usted el manejo de su basura un problema?

si no ¿Por qué? _____

¿Estaría usted de acuerdo a que pasara el camión recolector?

si no ¿cuantas veces por semana? _____

¿Hasta cuanto estaría usted dispuesto a pagar mensualmente en colones por recibir el servicio de aseo público?

50 200 500
 100 300 Otra cantidad _____

III.- ENCUESTA SOCIOECONOMICA

Ocupación del jefe de familia o personas encargadas de la manutención del hogar:

empleado _____ desempleado
 retirado Otra actividad _____

Máximo nivel de educación del jefe de familia o miembros económicamente activos:

primaria secundaria
 universidad estudios superiores ningún estudio

Ingreso mensual de las personas económicamente activas en la familia (colones):

menos de 15,000 20,000 a 30,000
 15,000 a 20,000 30,000 a 40,000
 más de 40,000

¿Que sugerencias daría usted para mejorar el sistema de manejo de la basura en su comunidad (ver calles, ríos y zonas verdes más limpias?)

Anexo 13 Significado de las variables utilizadas

- 1) **Fecha** = Fecha en que fue realizada la encuesta. Variable tipo fecha.
- 2) **Cod-enc** = Código dado a cada encuesta. Variable numérica.
- 3) **Cod-seg** = Código del segmento censal (establecido por la Dirección General de Censos). Variable numérica.
- 4) **Cod-cas** = Código establecido por el encuestador a cada casa para identificarla. Variable numérica.
- 5) **N-familia** = Apellidos de la familia encuestada. Variable tipo carácter.
- 6) **Num-hab** = Número de miembros en la familia. Variable numérica.
- 7) **Edad-fam** = Edad promedio de únicamente los padres. Variable numérica.
- 8) **Hab-mas** = Habitantes del sexo masculino en la casa. Variable numérica.
- 9) **Hab-fem** = Habitantes del sexo femenino en la casa. Variable numérica.
- 10) **Esc-fam** = Escolaridad promedio únicamente de los padres. Variable numérica.
- 11) **Esc-mama** = escolaridad de la ama de casa. Variable numérica.
- 12) **Días** = Número de días que se recolectaban los desechos sólidos (casi en todas las ocasiones 7). Variable numérica.
- 13) **P-matorg** = Peso de la materia orgánica. Variable numérica.
- 14) **D-matorg** = Destino que le daban a la materia orgánica. Variable numérica.
- 15) **P-plasti** = Peso del plástico. Variable numérica.
- 16) **D-plasti** = Destino que le dan al plástico. Variable numérica.
- 17) **P-metal** = Peso del metal. Variable numérica.
- 18) **D-metal** = Destino que le dan al metal. Variable numérica.
- 19) **P-vidrio** = Peso del vidrio. Variable numérica.
- 20) **D-vidrio** = Destino que le dan al vidrio. Variable numérica.
- 21) **P-sanita** = Peso del papel sanitario. Variable numérica.

- 22) D-sanita** = Destino del papel sanitario. Variable numérica.
- 23) P-papel** = Peso del papel reutilizable. Variable numérica.
- 24) D-papel** = Destino del papel reutilizable. Variable numérica.
- 25) P-manejo** = Explica el problema de cada familia para manejar sus desechos. Variable lógica.
- 26) Exp-pro** = Explica que tipo de problema se le presenta a cada familia para manejar sus desechos. Variable numérica.
- 27) Recolec** = Explica el deseo o no de cada persona a que pase un camión recolector de desechos. Variable lógica.
- 28) Frec-rec** = Nos dice con que frecuencia las familias desean que pase el camión recolector. Variable numérica.
- 29) V-pago** = Voluntad de pago de las personas para recibir el servicio de recolección de desechos sólidos. Variable numérica.
- 30) Ocupa** = Tipo de ocupación del jefe de familia o persona que dirige el hogar. Variable numérica.
- 31) Ing-mes** = Ingreso mensual de la familia expresado en clases. Variable numérica.
- 32) Sugeren** = Diferentes sugerencias de las personas encuestadas para resolver la problemática de los desechos. variable numérica.
- 33) Observa** = Observaciones personales de cada familia. Variable de tipo carácter.
- 34) B-día-viv** = Peso de los desechos al día generados por toda la familia. Variable numérica.
- 35) B-día-per** = Peso de los desechos generados al día por una persona. Variable numérica.

Anexo 14 Codificación de algunas variables

Destinos de los diferentes tipos de residuos sólidos = (D-MATORG, D-PLASTI, D-METAL, D-VIDRIO, D-SANITA, D-PAPEL), se codificaron los destinos de la siguiente forma:

| ACTIVIDAD O SITIO DE DEPOSITO | CODIGO |
|---|--------|
| Echarlo a las plantas para que sirva de abono | 1 |
| Dárselo como alimento a los animales (gallinas, perros, chanchos) | 2 |
| Enterrarlo en un hueco en el patio | 3 |
| Quemarlo para reducir su volumen | 4 |
| Guardarlo en el patio como última opción | 5 |
| Darlo para obras de bien social | 6 |
| Reutilizarlo | 7 |
| Tirarlo a una quebrada, peñón o terreno baldío | 8 |
| Utilizarlo como combustible | 9 |
| Tirarlo por el servicio sanitario | 10 |
| Echárselo tanto a las plantas como animales | 11 |
| Echárselo a las plantas y el resto enterrarlo | 12 |
| Echarle parte a las plantas, animales y lo sobrante enterrarlo | 13 |
| Ningún destino porque no lo utiliza | 14 |
| Echárselo a los animales y el resto enterrarlo | 15 |

Explicación del porque es un problema el manejo de sus desechos sólidos

= (EXP-PRO), aquí se dan las diferentes respuestas de cada persona entrevistada.

| MOTIVO PARA CONSIDERARLO PROBLEMA | CODIGO |
|--|--------|
| No tiene donde espacio en la casa donde enterrar sus desechos | 1 |
| No le gusta manejar sus desechos, preferiría dárselo a un camión recolector (por el mal olor). | 2 |
| No sabe como manejar sus desechos (separarla o reutilizarla) | 3 |
| En época lluviosa es difícil quemarla | 4 |
| No tiene tiempo para manejarla adecuadamente | 5 |
| El hueco donde entierra se llena constantemente | 6 |
| No considera problema manejar sus desechos es algo habitual. | 7 |

Frecuencia de recolección de los desechos sólidos deseada por los habitantes de Tuis = (FREC-REC), existen 6 diferentes respuestas para esta variable:

| FRECUENCIA DE RECOLECCION DESEADA | CODIGO |
|-----------------------------------|--------|
| Una vez por semana | 1 |
| Dos veces por semana | 2 |
| Cada quince días | 3 |
| Cada mes | 4 |
| Nunca | 5 |
| Cada tres meses | 6 |

Sugerencias para resolver la problemática = (SUGEREN), estas fueron sugerencias proporcionadas por los habitantes del Distrito de Tuis.

| SUGERENCIAS | CODIGO |
|---|--------|
| Cada persona maneje adecuadamente sus desechos | 1 |
| Orientar y concientizar a las personas (charlas, campañas, capacitación). | 2 |
| No botar en las calles, ni ríos (sitios públicos). | 3 |
| Poner planta composteadora para basura orgánica | 4 |
| Que se organizaran en la comunidad para manejarla bien | 5 |
| Mejorar leyes para pago y recolección | 6 |
| Instalar un relleno sanitario pero lejano | 7 |
| Introducir un camión recolector y depositarla en algún sitio | 8 |
| No tienen sugerencias ya que no es un problema en la comunidad | 9 |
| Que cada persona maneje sus desechos y poner una planta composteadora | 10 |
| Que cada persona maneje sus desechos e introducir un camión recolector | 11 |

Clases de ingreso mensual = (ING-MES), aquí se agrupa el ingreso en tres clases en las cuales el incremento es de 15,000 colones, como se muestra a continuación:

| CLASE DE INGRESO | CODIGO |
|----------------------------|--------|
| DE CERO A 15,000 COLONES | 1 |
| DE 15,000 A 30,000 COLONES | 2 |
| MAS DE 30,000 COLONES | 3 |

Grado de escolaridad = (ESC-FAM y ESC-MAMA), aquí se codificó cada grado de escolaridad dándole un número del 1 al 6 para primaria, del 7 al 11 para colegio y del 12 al 16 para universidad, como se indica a continuación:

| NIVEL DE EDUCACION | CODIGO |
|------------------------|--------|
| Ningún estudio | 0 |
| Primero de primaria | 1 |
| Segundo de primaria | 2 |
| Tercero de primaria | 3 |
| Cuarto de primaria | 4 |
| Quinto de primaria | 5 |
| Sexto de primaria | 6 |
| Primero de colegio | 7 |
| Segundo de colegio | 8 |
| Tercero de colegio | 9 |
| Cuarto de colegio | 10 |
| Quinto de colegio | 11 |
| Primero de universidad | 12 |
| Segundo de universidad | 13 |
| Tercero de universidad | 14 |
| Cuarto de universidad | 15 |
| Quinto de universidad | 16 |

ó la siguiente clasificación más resumida:

| NIVEL DE EDUCACION | CODIGO |
|--------------------------------|--------|
| Ningún estudio | 0 |
| Estudios Primarios | 1 |
| Estudios Secundarios ó Colegio | 2 |
| Estudios Universitarios | 3 |

Ocupación de los encuestados = (OCUPA), aquí se codificaron las diferentes actividades que realizan las personas encuestadas de Distrito de Tuis como se observa a continuación.

| OCUPACION | CODIGO |
|------------------------------|--------|
| Chofer de autobús o vagoneta | 1 |
| Jornalero | 2 |
| Agricultor propio | 3 |
| Empleado ocasional | 4 |
| Desempleado | 5 |
| Guardia de seguridad | 6 |
| Agricultor y ganadero | 7 |
| Pensionado | 8 |
| Oficinista | 9 |
| Empleado (tienda, ICE etc). | 10 |
| Albañil | 11 |
| Profesor o maestro | 12 |
| Operario de construcción | 13 |
| Mecánico | 14 |
| Operario de aserradero | 15 |
| Administrador | 16 |
| Carpintero | 17 |
| Chofer y jornalero | 18 |
| Pensionado y operario | 19 |

Además otras variables como problema de manejo P-MANEJO y acuerdo en que pase el camión recolector (RECOLEC) están codificadas como 0 indica respuesta negativa y 1 indica respuesta positiva.

Anexo 15 Estadísticas descriptivas de las variables codificadas y lógicas para la población de Tuis

Al caracterizar la muestra tomada se ve que dentro de las 85 familias se detectaron algunas opiniones y actividades que se realizan de manera similar como son los sitios de disposición final, percepción del manejo de sus desechos sólidos, necesidad de un sistema de recolección y ocupación más frecuente como se muestra a continuación.

Destino de los diferentes tipos de desechos sólidos: se refiere al lugar, uso o forma de deshacerse de los diferentes componentes de los desechos sólidos como se muestra a continuación:

Cuadro 28. Porcentaje de las familias encuestadas que utilizan diferentes destinos para el manejo de sus desechos sólidos

| TIPO DE DESECHO SOLIDO | DESTINOS CODIFICADOS | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------|----|----|----|----|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Mat. orgánica | 27* | 12 | 16 | | | | | | | | 26 | 5 | 5 | | 8 |
| Plástico | | | 5 | 82 | | | 5 | 1 | 7 | | | | | | |
| Metal | | | 66 | | 29 | 1 | 1 | 1 | | | | | | 2 | |
| Vidrio | | | 70 | | 19 | 8 | 2 | 1 | | | | | | | |
| Papel sanitario | | | 1 | 93 | | | | | | 6 | | | | | |
| Papel de escribir | | | 4 | 94 | | | | | 2 | | | | | | |

Destinos: 1-abono; 2-alimento para animales; 3-enterrarlo; 4-quemarlo; 5-almacenarlo en el patio; 6-darlo para obras de bien social; 7-reutilizarlo; 8-tirarlo a terreno baldío; 9-utilizarlo como combustible; 10-tirarlo por el sanitario; 11-utilizarlo como abono y alimento de animales; 12-utilizarlo de abono y enterrarlo; 13-abono, alimento para animales y enterrarlo; 14 -no lo utiliza; 15 -alimento de animales y enterrarlo.

* Números dentro del cuadro indican porcentaje

Debido a que actualmente los habitantes de Tuis no cuentan con un sistema recolector y han sido multados por la Municipalidad por tirar desechos al río; se han visto en la necesidad de encontrar formas de deshacerse de sus desechos sólidos sin dañar al ambiente como es el caso de la materia orgánica que la destinan como abono para las plantas o se la dan a los animales que crían.

Estas han sido buenas soluciones adoptadas por ellos pero en algunos casos les es bastante difícil llevarlas a cabo ya que carecen de un patio donde depositar la materia orgánica o tener animales de crianza, como ocurre en la parte del centro.

Con relación al plástico la mayoría de las personas han optado por quemarlo a diario en espacios abiertos, lo cuál si se hicieran en gran escala representaría un gran impacto a su salud, pero en este caso no existe otra manera más eficaz de deshacerse de él ya que el enterrarlo ocasiona más impacto al suelo por no ser biodegradable.

En el caso del metal, aunque consumen muy pocos productos enlatados, a lo largo de un año o dos de enterrarlos o guardarlos se constituyen en un problema.

Con relación al vidrio la mayoría de las personas lo entierran pero consideran que su manejo constituye un gran problema ya que al enterrarlo o guardarlo en el patio este ocupa mucho espacio lo cuál hace su manejo bastante molesto, ya que muy pocas personas lo reutilizan o pasan esporádicamente recogéndolo para obras de bien social.

En el caso del papel sanitario es más conveniente quemarlo ya que logran reducirlo y evitan un foco de infección, la quema la realizan en botes cerrados, ya que de otra forma tirarlo por el sanitario siempre va a constituir un problema de contaminación al agua. La quema es la forma más adecuada de reducir el papel sanitario, y ha sido adoptada por la comunidad al no tener otra alternativa.

Percepción del manejo de los desechos sólidos (P-manejo): Un 69 % (59) del total de familias opina que no existe o no constituye un problema de manejo de sus desechos sólidos y el 31 % restante (26 familias) consideran que sí es un problema manejar ellos mismos sus desechos (Figura 17). Esto puede deberse a que la gran mayoría están acostumbrados a manejar ellos mismos sus desechos o poseen grandes espacios donde enterrarlos por lo que únicamente sería necesario brindarles el servicio a las personas del centro de Tuis que son las que presentan más problemas para su manejo.

Explicación del problema (Exp-pro): Dentro de esta variable se encuentran 6 posibles respuestas siendo la más importante la siguiente: 70% de las familias no considera el manejo de sus desechos sólidos como un problema (59 familias), y el resto mencionan lo siguiente: no cuentan con espacio suficiente en el patio para enterrarla, no les gusta manejar sus propios desechos, piensan que es un inconveniente manejarla porque el hueco donde depositan se les llena rápido, no saben como manejar sus desechos para reducirlos o constituyen un problema porque se humedecen y se dificulta quemarlos.

Necesidad de recolección de los desechos sólidos (Recolec): Un 82% de los entrevistados (70 familias) desean que pase un sistema de recolección y el 18 % restante (15 familias) no lo necesitan (Figura 18). Lo cuál indica que aunque no consideren el manejo de algunos desechos como un problema; otros desechos como son el vidrio y el metal si lo son por lo cuál piensan que sería mejor que pasará un camión recolector.

Frecuencia de recolección deseada por los habitantes (Frec-rec): En esta variable los encuestados dieron cinco respuestas siendo la principal la siguiente: El 51 % correspondiente a 44 familias, opina que debería pasar un sistema recolector 1 vez por semana y el resto tiene diferentes opiniones como que no pase nunca, que pase cada 15 días, 2 veces por semana, cada mes e inclusive cada 3 meses (Figura 19).

Observando la generación del centro de Tuis se sugiere que el servicio de recolección se efectuó cada 25 días tomando en cuenta el costo que este servicio implicaría a la municipalidad.

En las siguientes figuras se observan los porcentajes de familias que opinan que el manejo de sus desechos sólidos si es un problema, o no lo es, las familias que opinan que si es necesario un sistema de recolección o no, y la frecuencia con que debería pasar este sistema recolector.

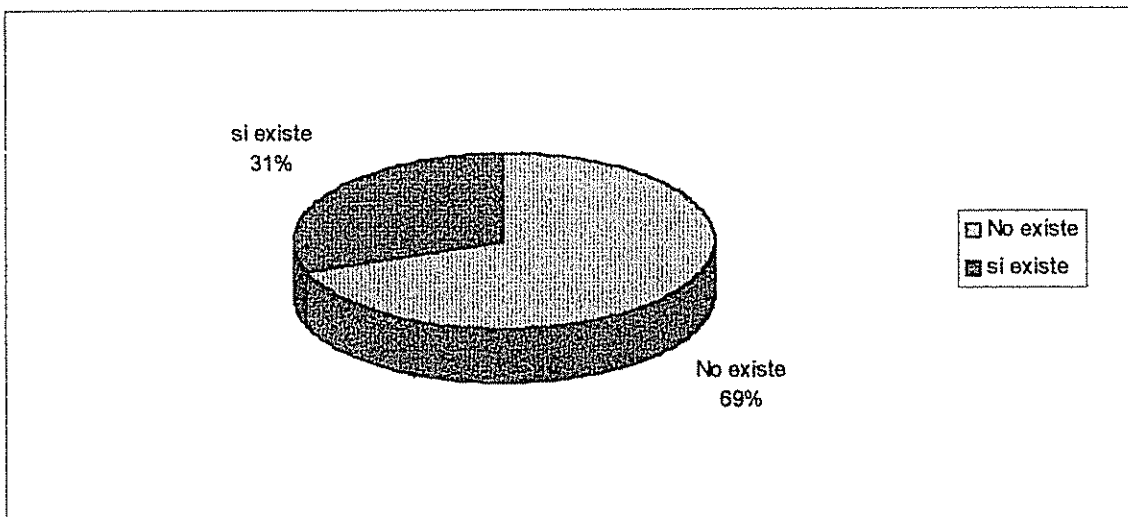


Figura 17 Percepción del problema del manejo de desechos sólidos en Tuis Turrialba, Costa Rica, 1996

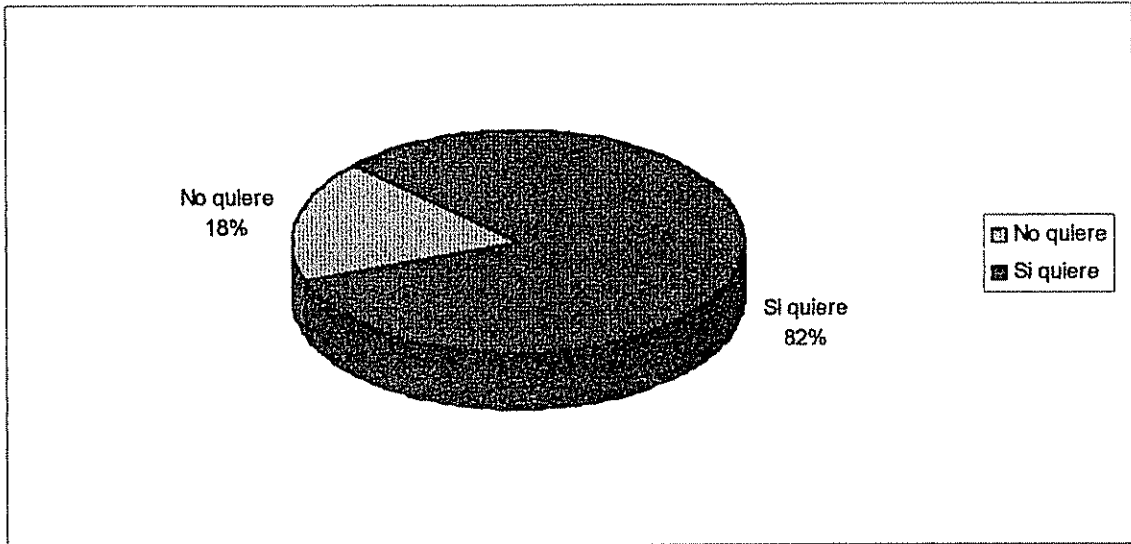


Figura 18 Necesidad de recolección de desechos sólidos en Tuis, Turrialba, Costa Rica, 1996

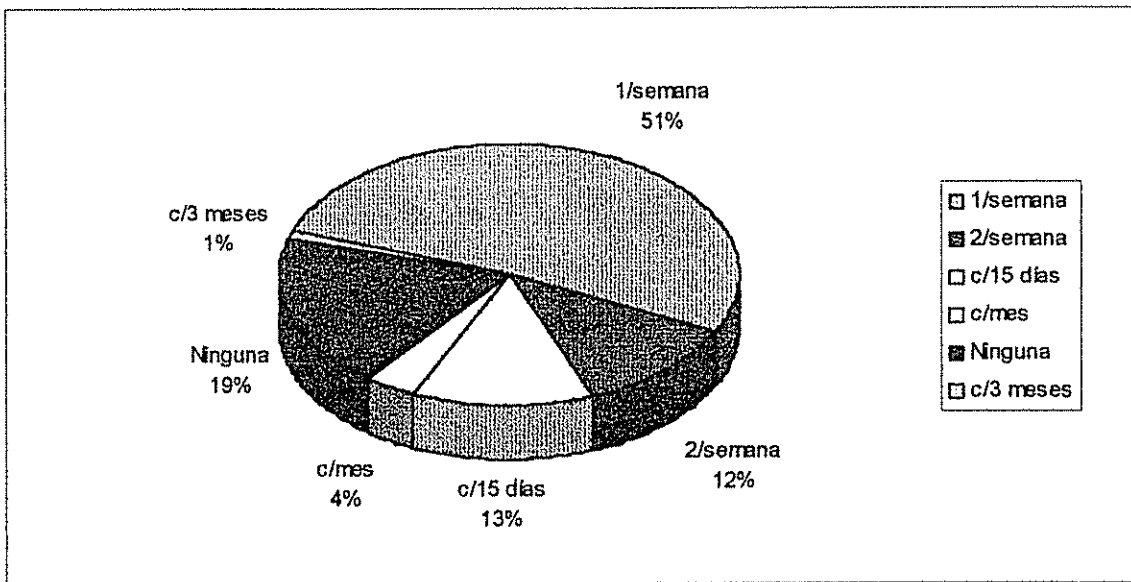


Figura 19 Frecuencia de recolección de desechos sólidos en Tuis Turrialba, Costa Rica, 1996

Ocupación de los habitantes de Tuis (Ocupa): Como resultado de las encuestas se encontraron 19 ocupaciones diferentes observando a continuación las más importantes:

Cuadro 29. Porcentaje de los tipos de ocupación

| PORCENTAJE DE PERSONAS | OCUPACION |
|------------------------|---|
| 36 % | Jornaleros |
| 28 % | Agricultor independiente |
| 8 % | Pensionado |
| 5 % | Chofer de autobús |
| 4 % | Empleado (Tienda o del ICE) |
| 2 % | Profesor, albañil, guardia de seguridad, desempleado y empleado ocasional |
| 1 % | Otros * |

* Dentro de otros se encuentran incluidos agricultor y ganadero a la vez, operario de construcción o de aserradero, mecánico, administrador, carpintero, oficinista, pensionado y operario dentro de la propia familia y chofer y jornalero también dentro de la misma familia.

Se observa que el 64% de los jefes de familia están relacionados con las actividades agrícolas por ser un área de tipo rural debido a que es una zona donde principalmente se siembra caña y café.

Sugerencias de los habitantes de Tuis (Sugeren): Entre las diez sugerencias que proporcionaron las personas encuestadas de Tuis se encontraron principalmente las siguientes :

Cuadro 30. Porcentaje de las diferentes sugerencias con respecto al manejo de los desechos sólidos.

| PORCENTAJE DE PERSONAS | SUGERENCIA U OPINION |
|------------------------|---|
| 34 % | Cada quién maneje sus propios desechos |
| 32 % | Que pase un camión recolector |
| 12 % | Se les oriente a través de charlas y campañas |
| 7 % | La comunidad se organice para buscar solución |
| 6 % | No dan sugerencia porque no lo consideran un problema |
| 5 % | No tirar basura en sitios públicos |
| 1 % | Otras * |

* Dentro de otras encontramos crear leyes para el pago y recolección, que se instale una planta compostera, que cada persona maneje sus desechos y pase un camión recolector a la vez, se instale un relleno sanitario pero muy lejano.

De lo anterior se puede observar que la opinión esta dividida principalmente entre las personas que piensan que cada uno debe manejar sus desechos y las que opinan que sería conveniente la introducción de un sistema recolector. Estas opiniones están influenciadas en su mayoría por el tamaño de la propiedad, observando que las personas que poseen propiedades más grandes son las que viven en los alrededores de Tuis y por lo tanto no tienen mayores problemas con el manejo de sus desechos a diferencia de las que viven en el centro de Tuis.

Anexo 16 Índice de generación de desechos sólidos al día dependiendo del nivel de ingreso

| Ing mes | Materia Orgánica | | Plástico | | Metal | | Peso kilos Vidrio | | Sanitario | | Papel | | Total | No. Fam | No. Per |
|------------|---------------------|-------|----------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|------------|------------|
| | Pro | Pro | Pro | Pro | Pro | Pro | Pro | Pro | Pro | Pro | Pro | Pro | | | |
| | día | Per | día | Per | día | Per | día | Per | día | Per | día | Per | | | |
| 1 | 0.432 | 0.128 | 0.066 | 0.020 | 0.044 | 0.012 | 0.111 | 0.041 | 0.056 | 0.016 | 0.042 | 0.012 | 0.229 | 18 | 72 |
| 2 | 0.681 | 0.163 | 0.092 | 0.021 | 0.055 | 0.013 | 0.109 | 0.024 | 0.053 | 0.014 | 0.077 | 0.017 | 0.252 | 49 | 232 |
| 3 | 0.664 | 0.146 | 0.102 | 0.022 | 0.045 | 0.010 | 0.097 | 0.022 | 0.070 | 0.014 | 0.097 | 0.019 | 0.232 | 18 | 90 |

En este cuadro se observa la generación (kg) de los diferentes componentes de los desechos sólidos pudiendo apreciar cuanto se produce en promedio al día por familia (Pro-día) y por persona (Pro-per) dependiendo del nivel de ingreso (1-3).

Anexo 17 Índice de generación de desechos sólidos dependiendo de la voluntad de pago

| Voluntad de pago | Materia Orgánica | | Plástico | | Metal | | Peso kilos Vidrio | | Sanitario | | Papel | | Total | No. per | No. Fam | Hab |
|------------------------|---------------------|-------|----------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|------------|------------|-----|
| | Pro | Pro | Pro | Pro | Pro | Pro | Pro | Pro | Pro | Pro | Pro | | | | | |
| | día | Per | día | Per | día | Per | día | Per | día | Per | día | Per | | | | |
| 0 - 99 | 0.536 | 0.127 | 0.100 | 0.022 | 0.062 | 0.015 | 0.114 | 0.030 | 0.047 | 0.012 | 0.060 | 0.013 | 0.218 | 32 | 155 | |
| 100-199 | 0.686 | 0.185 | 0.079 | 0.022 | 0.049 | 0.013 | 0.134 | 0.035 | 0.050 | 0.013 | 0.081 | 0.021 | 0.288 | 21 | 91 | |
| 200-299 | 0.645 | 0.148 | 0.078 | 0.017 | 0.040 | 0.010 | 0.104 | 0.025 | 0.056 | 0.011 | 0.090 | 0.016 | 0.226 | 14 | 66 | |
| 300-399 | 0.683 | 0.174 | 0.078 | 0.020 | 0.041 | 0.011 | 0.045 | 0.013 | 0.091 | 0.031 | 0.076 | 0.018 | 0.267 | 10 | 42 | |
| 400-499 | 0.586 | 0.134 | 0.129 | 0.028 | 0.050 | 0.011 | 0.098 | 0.022 | 0.054 | 0.011 | 0.086 | 0.019 | 0.224 | 2 | 9 | |
| 500+ | 0.750 | 0.145 | 0.089 | 0.019 | 0.033 | 0.006 | 0.083 | 0.016 | 0.086 | 0.016 | 0.075 | 0.018 | 0.219 | 6 | 31 | |

En este cuadro se observa la generación (kg) de los diferentes componentes de los desechos sólidos pudiendo apreciar cuanto produce en promedio al día la familia (Pro-día) y la persona (Pro-per) dependiendo de la voluntad de pago en colones.

Anexo 18 Índice de generación de desechos sólidos por familia y persona dependiendo del nivel de ingreso y voluntad de pago

INDICE DE GENERACION POR FAMILIA Y PERSONA

| V_PAGO | B-día viv | B-día per | No. Fam | No. Per. |
|--------|--------------|--------------|------------|-------------|
|--------|--------------|--------------|------------|-------------|

NIVEL DE INGRESO : 1

| | | | | |
|---------|-------|-------|----|----|
| 0 - 99 | 0.650 | 0.210 | 11 | 45 |
| 100-199 | 1.108 | 0.369 | 3 | 9 |
| 200-299 | 0.729 | 0.185 | 3 | 12 |
| 300-399 | 0.864 | 0.144 | 1 | 6 |

NIVEL DE INGRESO : 2

| | | | | |
|---------|-------|-------|----|----|
| 0 - 99 | 1.092 | 0.233 | 17 | 90 |
| 100-199 | 1.070 | 0.283 | 15 | 67 |
| 200-299 | 1.128 | 0.252 | 8 | 37 |
| 300-399 | 0.940 | 0.254 | 6 | 24 |
| 500 + | 0.972 | 0.199 | 3 | 14 |

NIVEL DE INGRESO : 3

| | | | | |
|---------|-------|-------|---|----|
| 0 - 99 | 0.924 | 0.179 | 4 | 20 |
| 100-199 | 1.096 | 0.233 | 3 | 15 |
| 200-299 | 0.985 | 0.199 | 3 | 17 |
| 300-399 | 1.209 | 0.334 | 3 | 12 |
| 400-499 | 1.002 | 0.225 | 2 | 9 |
| 500 + | 1.259 | 0.240 | 3 | 17 |

Total: 85 394

Se observa el índice de generación en kg por familia (B-día-viv) y por persona (B-día-per) dependiendo de la voluntad de pago en colones (V-pago) y del nivel de ingreso (1-3). Se muestra el total de familias y personas representadas.

Anexo 19 Índice de generación de desechos al día por familia y persona dependiendo del código censal y problema de manejo

INDICE DE GENERACION POR FAMILIA Y PERSONA

| COD_SEG | B-día viv | B-día per | No. Fam | No. Per. |
|---------|--------------|--------------|------------|-------------|
|---------|--------------|--------------|------------|-------------|

PROBLEMA DE MANEJO : 0

| | | | | |
|----|-------|-------|---|----|
| 1 | 1.147 | 0.276 | 8 | 39 |
| 2 | 0.717 | 0.218 | 9 | 32 |
| 4 | 1.111 | 0.225 | 6 | 32 |
| 7 | 0.809 | 0.270 | 2 | 6 |
| 8 | 1.004 | 0.335 | 1 | 3 |
| 9 | 0.856 | 0.225 | 8 | 34 |
| 10 | 1.139 | 0.248 | 9 | 46 |
| 11 | 0.911 | 0.223 | 8 | 37 |
| 13 | 0.784 | 0.184 | 8 | 44 |

PROBLEMA DE MANEJO : 1

| | | | | |
|----|-------|-------|---|----|
| 1 | 1.227 | 0.409 | 3 | 9 |
| 2 | 0.681 | 0.177 | 5 | 21 |
| 3 | 1.193 | 0.218 | 2 | 11 |
| 4 | 1.469 | 0.312 | 5 | 26 |
| 5 | 1.286 | 0.321 | 1 | 4 |
| 7 | 1.136 | 0.310 | 2 | 8 |
| 8 | 1.050 | 0.172 | 2 | 12 |
| 9 | 0.961 | 0.240 | 1 | 4 |
| 10 | 1.143 | 0.143 | 1 | 8 |
| 11 | 1.616 | 0.251 | 2 | 13 |
| 13 | 0.857 | 0.344 | 2 | 5 |

Total: 85 394

En este cuadro podemos observar el índice de generación en kg que produce una familia (B-día-viv) y una persona (B-día-per) dependiendo si tiene problema de manejo (1) o no (0) y de acuerdo a la ubicación geográfica dada por (Cod-seg) de 1-13. También se observa el total de familias y personas representadas para cada caso.

Anexo 20 Cálculo del número de estaciones para Tuis centro

Considerando que semanalmente se juntan $1,39 \text{ m}^3$ de desechos sólidos únicamente de los habitantes del centro; al mes este volumen sería aproximadamente de $5,56 \text{ m}^3$ de los cuales:

62% corresponden a materia orgánica = $3,4 \text{ m}^3/\text{mes}$

11% corresponden al vidrio = $0,61 \text{ m}^3/\text{mes}$

9% corresponden a plástico = $0,5 \text{ m}^3/\text{mes}$

7% corresponden al papel de escribir = $0,38 \text{ m}^3/\text{mes}$

6% corresponden a papel sanitario = $0,33 \text{ m}^3/\text{mes}$

5% corresponden a metal = $0,27 \text{ m}^3/\text{mes}$

Considerando que el volumen del estañon¹⁹ es de 1 000 lts ($0,2 \text{ m}^3$) se tendrían que en total son 11 los estañones necesarios para recolectar los desechos de los habitantes del centro; los cuales serían recogidos por un camión de la municipalidad cada 25 días. A continuación se muestra un cuadro con el número de estañones necesarios para cada tipo de desecho.

| Tipo de Desecho | Volumen Mensual (m^3) | Estañones Necesarios |
|---------------------|----------------------------------|----------------------|
| Vidrio | 0,61 | 3 |
| Plástico | 0,5 | $2^{1/2}$ |
| Papel | 0,38 | 2 |
| Metal | 0,27 | $1^{1/2}$ |
| Otros ²⁰ | Mínimo | 1 |

¹⁹ El volumen de un estañon es de 1 000 lts ó $0,2 \text{ m}^3$ ($1\text{m}^3 = 1\ 000 \text{ lts}$).

²⁰ No se tiene la cuantificación exacta ya que se pesaban junto con el papel; pero es mínimo lo que se desecho