

**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

**FACULTAD DE BIOLOGÍA**



**MAESTRÍA EN CONSERVACIÓN Y MANEJO DE LOS  
RECURSOS NATURALES**

**TESIS**

**ANÁLISIS ESPACIAL DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS  
SÓLIDOS EN MORELIA**

**QUE PRESENTA:**

**CARLOS ALBERTO GONZÁLEZ RAZO**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**DR. OTONIEL BUENROSTRO DELGADO**

**COORDIRECTOR:**

**M. C. JUAN MANUEL ORTEGA RODRIGUEZ**

**MORELIA, MICHOACÁN. DICIEMBRE DEL 2006**

## CONTENIDO

<b>I. Resumen</b> .....	1 – 2
<b>II. Summary</b> .....	3 – 4
<b>III. Introducción</b> .....	5 – 9
<b>IV. Justificación</b> .....	10
<b>V. Planteamiento de Hipótesis</b> .....	11
<b>VI. Antecedentes</b> .....	12 – 16
<b>VII. Objetivos de la Investigación</b> .....	17
General.....	17
Particulares.....	17
<b>VIII. Descripción del área de estudio</b> .....	18 - 21
Orografía.....	19
Geología.....	19 – 20
Suelos.....	20 – 21
Hidrología.....	21
Clima.....	21
<b>IX. Materiales y Métodos</b> .....	22 – 30
Diseño Experimental de la Investigación.....	22 – 23
Muestreo de los Residuos Sólidos y Procedimiento de Campo.....	23 – 24
Caracterización y Cuantificación de Subproductos.....	25 – 26
Análisis estadístico de los datos.....	26 – 30
a) Análisis de Correspondencia.....	26
b) Análisis de Componentes Principales.....	26
c) Análisis Univariado.....	27
d) Análisis de Varianza Multivariado (MANOVA).....	27
e) Análisis de la relación entre los subproductos y las variables socioeconómicas.....	27
f) Mapas de distribución potencial de los estratos.....	27 – 29
g) Análisis Espacial de Generación de RS con los SIG.....	30
<b>X. Resultados</b> .....	31
Diseño Experimental de la Investigación.....	31
Muestreo de los Residuos Sólidos y Procedimiento de Campo.....	31 – 32

Caracterización y Cuantificación de Subproductos.....	32 – 35
Análisis estadístico de los datos.....	35
<b>Caracterización de subproductos para 1998.....</b>	<b>35 – 43</b>
a) Análisis de Correspondencia.....	35 – 36
b) Análisis de Componentes Principales.....	36 – 37
c) Análisis Univariado.....	37 – 40
d) Análisis de Varianza Multivariado (MANOVA).....	40
e) Análisis de la relación entre los subproductos y las variables socioeconómicas.....	40 – 43
f) Mapas de distribución potencial de los estratos.....	43
f) Análisis Espacial de Generación de RS con los SIG.....	43
<b>Caracterización de subproductos para el 2004.....</b>	<b>44 – 60</b>
a) Análisis de Correspondencia.....	44
b) Análisis de Componentes Principales.....	44 – 45
c) Análisis Univariado.....	45 – 51
d) Análisis de Varianza Multivariado (MANOVA).....	51
e) Análisis de la relación entre los subproductos y las variables socioeconómicas.....	51 – 53
f) Mapas de distribución potencial de los estratos.....	53
f) Análisis Espacial de Generación de RS con los SIG.....	54 – 60
Caracterización de los Residuos Sólidos.....	61
<b>XI. Discusión de Resultados.....</b>	<b>62 – 76</b>
<b>Análisis estadístico para 1998 y 2004.....</b>	<b>62 – 63</b>
<b>Caracterización de subproductos para 1998.....</b>	<b>63 – 66</b>
Análisis Univariado.....	63 – 65
Análisis de Varianza Multivariado.....	65
Análisis estadístico de la relación entre variables socioeconómicas de AGEB y generación.....	65 – 66
<b>Caracterización de subproductos para el 2004.....</b>	<b>66 – 73</b>
Análisis Univariado.....	66 – 69
Análisis de Varianza Multivariado.....	70
Análisis estadístico de la relación entre variables socioeconómicas de AGEB y generación.....	70 -71

Análisis Espacial de Generación.....	71 – 72
Relación entre variables socioeconómicas de AGEB y generación.....	72 – 73
<b>XII. Conclusiones.....</b>	<b>74 – 76</b>
<b>XIII. Perspectivas y Recomendaciones.....</b>	<b>77 – 78</b>
<b>XIV. Literatura Citada.....</b>	<b>79 – 83</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>84 - 85</b>

## INDICE DE CUADROS

Cuadro No 1. Tipos de duelos identificados en el municipio de Morelia..	20
Cuadro No 2. Variables censales por AGEB.....	28 – 29
Cuadro No 3. Bolsas manejadas en el muestreo del año 1998.....	31
Cuadro No 4. Unidades manejas en el muestreo.....	32
Cuadro No 5. Producción total por semana de subproductos de los RS Residenciales por estrato socioeconómico (gramos peso fresco).....	32 – 33
Cuadro No 6. Producción promedio por día de subproductos de los RS por vivienda y por estrato socioeconómico (gramos peso fresco).....	34 – 35
Cuadro No 7. Análisis de correspondencia para 1998.....	36
Cuadro No 8. Subproductos que mostraron diferenciación por estrato socioeconómico después del ACP para 1998 (gramos peso fresco).....	37
Cuadro No 9. Resultados del MANOVA para 1998.....	39
Cuadro No 10. Variables socioeconómicas en consideración por el ACP.....	41
Cuadro No 11. Variables que caracterizaron la composición de 1998....	41
Cuadro No 12. Análisis de correspondencia para el 2004.....	44
Cuadro No 13. Subproductos que mostraron diferenciación por estrato socioeconómico después del ACP para el 2004 (gramos peso fresco)...	48
Cuadro No 14. Resultados del MANOVA para el 2004.....	51
Cuadro No 15. Variables que caracterizaron la composición de 1998....	52
Cuadro No 16. Residuos que caracterizan a cada estrato.....	61

## INDICE DE FIGURAS

Figura No 1. Mapa de ubicación del área de estudio.....	18
Figura No 2. Mapa de localización de los AGEB muestreados.....	23
Figura No 3. Representación gráfica de la producción de Polietileno Alta Densidad (PEHD) por estrato socioeconómico. B. Bajo, M. Medio, A. Alto.....	38
Figura No 4. Representación gráfica de la producción de Polipropileno (PP) por estrato socioeconómico. B. Bajo, M. Medio, A. Alto.....	39
Figura No 5. Representación gráfica de la producción de Tierra por estrato socioeconómico. B. Bajo, M. Medio, A. Alto.....	40
Figura No 6. Diagrama de ordenación de variables socioeconómicas y de residuos que caracterizan los estratos (1998) caso 1.....	42
Figura No 7. Diagrama de ordenación de variables socioeconómicas y de residuos que caracterizan los estratos (1998) caso 2.....	43
Figura No 8. Representación gráfica de la producción de Cartón por estrato socioeconómico. B. Bajo, M. Medio, A. Alto.....	46
Figura No 9. Representación gráfica de la producción de Material no Separable por estrato socioeconómico. B. Bajo, M. Medio, A. Alto.....	46
Figura No 10. Representación gráfica de la producción de Loza y Cerámica por estrato socioeconómico. B. Bajo, M. Medio, A. Alto.....	47
Figura No 11. Representación gráfica de la producción de Papel por estrato socioeconómico. B. Bajo, M. Medio, A. Alto.....	48
Figura No 12. Representación gráfica de la producción de Bolsa de Película por estrato socioeconómico. B. Bajo, M. Medio, A. Alto.....	48
Figura No 13. Representación gráfica de la producción de Tereftalato de Polietileno (PET) por estrato socioeconómico. B. Bajo, M. Medio, A. Alto.....	49
Figura No 14. Representación gráfica de la producción de Trapo por estrato socioeconómico. B. Bajo, M. Medio, A. Alto.....	50
Figura No 15. Representación gráfica de la producción de Vidrio de Color por estrato socioeconómico. B. Bajo, M. Medio, A. Alto.....	50

Figura No 16. Diagrama de ordenación de variables socioeconómicas y de residuos que caracterizan los estratos (2004) caso 1.....	52
Figura No 17. Diagrama de ordenación de variables socioeconómicas y de residuos que caracterizan los estratos (2004) caso 2.....	53
Figura No 18. Mapa de generación de Material no separable.....	54
Figura No 19. Mapa de generación de Trapo.....	55
Figura No 20. Mapa de generación de Bolsa de Película.....	56
Figura No 21. Mapa de generación de Vidrio de Color.....	57
Figura No 22. Mapa de generación de Loza y Cerámica.....	57
Figura No 23. Mapa de generación de Papel.....	58
Figura No 24. Mapa de generación de PET.....	59
Figura No 25. Mapa de generación de Cartón.....	60

## I. RESUMEN

El municipio de Morelia, Michoacán, al igual que otras ciudades de nuestro país, presenta problemas de índole ambiental, entre los que destaca la generación de residuos sólidos. En la ciudad, son insuficientes las medidas tendientes a mejorar la gestión de los residuos sólidos; básicamente por la falta de planeación de la recolección y de un lugar adecuado para depositar los residuos, por lo que en la actualidad se tienen problemas de contaminación muy severos.

Este trabajo tuvo como objetivo principal, el emplear los sistemas de información geográfica para modelar y espacializar la generación de residuos sólidos residenciales, con base en el mapa de Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB) de INEGI de variables socioeconómicas y de producción de residuos sólidos, utilizando como estudio de caso la ciudad de Morelia, Michoacán.

Las herramientas utilizadas para este trabajo fueron; por un lado, el programa estadístico JMP cuyo fin consistió en conocer si las muestras correspondían a un estrato en específico y si presentaban diferencias entre los estratos para establecer la relación entre las variables de subproductos resultantes con las variables socioeconómicas consideradas para el muestreo; y por el otro, los SIG utilizados fueron principalmente. Desktop Garp; y ARC View; el primero se apoyó en un sistema que integró capas de datos socioeconómicos las cuales se utilizaron para crear modelos de zonificación de la generación de residuos mediante la correlación de los parámetros del punto muestreado, a otros sitios con condiciones similares dentro de la ciudad. Mientras tanto, ARC View trabajo con estos datos para convertirlos en datos espaciales georeferenciados y representarlos así en mapas de la generación de residuos estableciendo su caracterización con el estrato socioeconómico en cuestión.

Este trabajo se presenta como una alternativa de manejo de residuos en donde en primera instancia; se realizó la caracterización de los residuos sólidos residenciales por estrato socioeconómico de Morelia, de acuerdo con la norma oficial mexicana NMX-AA-061. Posteriormente, se sometieron los resultados a un análisis estadístico para determinar los subproductos que mostraban alguna

relación con los estratos socioeconómicos. Por último, con información cartográfica espacial e información socioeconómica de las AGEB, se generaron una serie de mapas que muestran patrones de distribución de la producción de residuos sólidos residenciales por estrato socioeconómico dentro de la ciudad.

Los resultados permiten observar una clara tendencia de diferenciación en la generación y composición de los residuos dentro de cada uno de los AGEB. La ciudad de Morelia se divide en los estratos socioeconómicos bajo y medio. El estrato bajo presenta su mayor extensión en las periferias de la ciudad con la producción de bolsa de película principalmente, en donde las personas por cuestión económica, adquieren productos en pequeños comercios y sus condiciones de vida en expansión limitan sus hábitos de consumo, vestido y vivienda; mientras tanto, el estrato medio se ubica en la parte central de la ciudad el cual, debido a su homogeneidad con respecto al estrato alto, se cataloga en variantes de patrones socioeconómicos medio-bajo, intermedio y medio-alto, pues existen zonas muy marcadas dentro de la ciudad que sin dejar de pertenecer a un estrato medio, muestran diferencias con respecto a otras zonas; debido a esto, se producen con mayor significancia productos reciclables como el Polietileno de Tereftalato (PET), papel y cartón, así como algunos productos de la construcción y el envasado como el vidrio y la loza y cerámica, lo que indica que se pueden llevar a cabo ciertos programas de minimización dentro de la ciudad con el fin de disminuir la generación, captar los recursos provenientes de la minimización y generar fuentes de empleo.

## II. SUMMARY

The municipality of Morelia, Michoacán, like other cities of our country, presents problems of environmental nature, between which it emphasizes the generation of solid wastes. In the city, the tending measures are insufficient to improve the management of the solid wastes; basically by the lack of planning of the harvesting and a suitable place to deposit the wastes, reason why at the present time very severe problems of contamination are had.

This work had like primary target, to use the GIS to model and to espacialiting the generation of residential solid wastes, with base in the map of Geoestatistical Basic Areas (AGEB) of INEGI and socioeconomics variables and production of solid wastes, using as case study the city of Morelia, Michoacán.

The tools used for this work were; on the one hand, the statistical program JMP whose aim consisted of knowing if the samples corresponded to a layer in specific and if they presented/displayed differences between the layers to establish the relation between the resulting by-product variables with the considered socioeconomics variables for the sampling; and by the other, the used SIG were mainly. Desktop Garp; and ARC View, first one leaned in a system that integrated layers of socioeconomic data which were used to create models of zoning of the generation of wastes by means of the correlation of the parameters of the mustered point, to other sites with similar conditions within the city. Meanwhile, Arc View work with these data to turn them georeferentiation spatial data and to thus represent them in maps of the generation of wastes establishing its characterization with the socioeconomic layer at issue.

This work appears as an alternative of handling of wastes in where in first instance; the characterization of the residential solid wastes by socioeconomic layer of Morelia was made, in agreement with official norm Mexican NMX-AA-061. Later, the results were put under a statistical analysis to determine the by-products that showed some relation with the socioeconomic layers. By I complete, with space cartographic information and socioeconomic information of AGEb, a series

of maps was generated that show distribution patterns of the production of residential solid wastes by socioeconomic layer within the city.

The results allow to observe a clear tendency of differentiation in the generation and composition of the wastes within each one of the AGEB. The city of Morelia is divided in the socioeconomic layers low and average. The layer under mainly presents its greater extension in the peripheries of the city with the production of film stock market, in where the people by economic question, acquire products in small commerce and their conditions of life in expansion limit their habits of consumption, dress and house; meanwhile, the average layer is located in the central part of the city which, due to its homogeneity with respect to the high layer, is catalogued in variants of socioeconomic patterns lower middle, intermediate and upper middle, because very noticeable zones within the city exist that without letting belong to an average layer, they show differences with respect to other zones; due to this, reciclables products like Polyethylene of Tereftalato (PET), paper and cardboard, as well as some products of the construction and the packaging like the glass and the stoneware and ceramics take place with greater significance, which indicates that programs of minimization within the city with the purpose of diminishing the generation can be carried out certain, catching the originating resources of the minimization and to generate use sources.

### III. INTRODUCCIÓN

La contaminación por residuos sólidos (RS) es uno de los problemas ecológicos que más contribuyen al deterioro ambiental y de la salud pública en México. El crecimiento de la población y las actividades productivas, carentes de una planeación adecuada, han contribuido a que el volumen generado de residuos se incremente de manera notable de los años 50's a la actualidad (SEDUE 1996). El urbanismo, la extracción, el agotamiento de los recursos naturales, así como la inadecuada disposición de los residuos que se generan en los asentamientos urbanos está impactando en el ámbito global (UNU/IAS, 2003).

En el Estado de Michoacán la contaminación por RS y el impacto a la salud de la población se han agudizado notablemente, ya que a pesar de ser uno de los estados con más diversidad ecológica, en lo económico se sitúa entre los más pobres y con mayor grado de marginación en el país. Administrativamente se conforma en 113 municipios, en los cuales habitan alrededor de cuatro millones de personas, de las que cerca de un 50% se concentran en menos de una decena de asentamientos (INEGI 2000); esto ocasiona que mientras la mayoría de los municipios rurales tengan fuertes movimientos de expulsión de su población, ciertas ciudades experimenten un crecimiento explosivo, que ha rebasado por completo la dotación de servicios municipales eficientes. En el 2002, el Instituto Municipal de Desarrollo Urbano de la ciudad de Morelia (IMDSM) registró 583 colonias por tipo de propiedad de origen, de las cuales 287 colonias son regulares; es decir, menos de la mitad del total; existiendo 122 colonias en proceso de regularización, en tanto que 142 más no habían iniciado el proceso, pues a la fecha no llenan los requisitos para ello. No obstante ubicado el problema, se siguen estableciendo nuevas colonias irregulares y por consiguiente la falta del servicio de recolección.

En los últimos años la generación de los RS en la ciudad de Morelia se ha acrecentado. Aunque se han implementado una serie de medidas que tienen que ver con estudios para caracterizar y cuantificar los residuos y que así se permita obtener un diagnóstico real de los residuos sólidos, los presupuestos se destinan en gran parte al servicio de recolección, y la información que se genera se pierde

en cada cambio de administración, o se encuentre dispersa en diferentes fuentes de información (Buenrostro, 2000).

El crecimiento urbano de Morelia ha rebasado los planes de acción de programas de desarrollo urbano realizados en las últimas administraciones municipales, asimismo, la falta de planes, programas y un eficiente manejo por parte de las instancias encargadas de la recolección y transporte de los RS que se ve reflejado directamente en las condiciones ambientales y urbanísticas así como en el aumento progresivo en los sitios de disposición final. De manera conjunta, el Ayuntamiento se enfrenta a una serie de problemas que limitan su capacidad de acción: problemas políticos de las asociaciones de recolectores y pepenadores, infraestructura obsoleta, deficiencias presupuestarias, así como problemas ecológicos y sociales (H. Ayuntamiento de Morelia, 1999).

En la actualidad se padece una anarquía total en el servicio de recolección, ya que a fin de brindar mayor cobertura a la población se concesionó a 10 asociaciones particulares parte del servicio de recolección; que, junto con la Dirección de Aseo Público por parte del ayuntamiento, no han implementado un sistema eficaz de recolección. Se implementaron centros de acopio para promover la separación y el reciclaje así como otra serie de medidas que tienen que ver con el transporte; sin embargo, estos proyectos han fracasado en su totalidad por la inconsistencia de los programas de gobierno y del problema político imperante en la entidad, situación que ha rebasado jurídicamente al ayuntamiento de Morelia (Buenrostro *et al.* 2003).

El problema real comienza por la sobrepoblación de unidades recolectoras ocupando ciertos sectores de la ciudad y dejando desprotegidos algunos, al ofrecer un deficiente servicio, lo que da lugar a que los residuos sean arrojados a la vía pública y a un gran número de predios baldíos, aumentando la contaminación ambiental y la fauna nociva dentro de la ciudad (H. Ayuntamiento de Morelia, 1999). Por lo anterior es importante implementar un sistema eficaz de recolección que dé pauta a mejores formas de manejo de los residuos, así como el optimizar el servicio con el fin de que se beneficien, tanto las asociaciones que ven su sustento económico en esta actividad con una disminución de costos de

operación como sociedad por la ampliación en la cobertura del servicio y el medio ambiente, con una disminución de los residuos en los alrededores de la ciudad pues se habrán captado en su mayoría parando al sitio destinado a este fin.

Se propone este trabajo como parte de una investigación que planteé estrategias de solución integrales encaminadas a promover primeramente la viabilidad económica del manejo de los residuos y en segundo lugar la sustentabilidad ecológica de los recursos naturales.

Como primera fase se proyecta efectuar un estudio piloto en la Ciudad de Morelia, Michoacán, tendiente a proponer una metodología que permita mejorar el método actual con el que se evalúan los RS. Para esto se propone crear primeramente un sistema que reúna la información proveniente de variables socioeconómicas y de actividades productivas y evaluar el grado en que inciden cada una de estas variables en los procesos de generación de residuos.

Se tomó como base la distribución espacial de las Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB), diseñadas por el INEGI para dividir la ciudad en estratos. Un AGEB es un sistema único y de carácter nacional para georeferenciar correctamente la información estadística obtenida de los conteos y censos que se elaboran cada 5 y 10 años respectivamente. Un AGEB se subdivide a su vez en AGEB rural y AGEB urbano; en este caso solamente se consideró el AGEB Urbano el cual se define como un área geográfica ocupada por un conjunto de manzanas que generalmente van de de 1 a 50, perfectamente delimitada por calles, avenidas, andadores y brechas principalmente (INEGI, 1991).

Al momento de hacer estimaciones de generación de residuos se aplican criterios bajo diferentes enfoques lo cual dificulta la estimación de un sitio con respecto a otro. Para resolver estos desafíos y los que surgen en el ambiente debido a actividades urbanas dentro de las ciudades se han propuesto una serie de normas, planes y programas. En años recientes la disponibilidad de datos y herramientas en el campo ambiental ha aumentado de manera considerable hasta hacer posible realizar un análisis complejo y holístico que requiere un ecosistema además de un creciente interés en la protección del ambiente, hay una serie de

factores disponibles como son los modelos computacionales y herramientas de simulación que llegan a ser altamente desarrollados (Lathí 1998).

Para la modelación de fuentes de generación de residuos, en la actualidad existen herramientas que facilitan el análisis y manipulación de la información donde se manejan de manera práctica programas que permiten adoptar modelos sobre generación de RS. Para este trabajo es necesario el manejo de Sistemas de Información Geográfica (SIG), el cual se entiende como un sistema con capacidades específicas para realizar operaciones de captura, almacenaje, manipulación, análisis y presentación de datos espacialmente referenciados, además de analizar y manipular datos que no están espacialmente referenciados (ESRI, 1996).

De esta forma, para el análisis espacial, los datos de AGEB se trabajaron por medio de un SIG utilizado como herramienta para elaborar productos cartográficos relacionados a la producción de RS en la ciudad con base en el estrato socioeconómico. Los dos Softwares utilizados fueron ARC View 3.2 (ESRI, 1996) y un programa algorítmico para la predicción de población de una especie llamado Desktop Garp (Stockwell *et al*, 1999). a fin de modelar la distribución de la producción RS.

ARC View es un sistema que trabaja con datos temáticos para convertirlos en datos espaciales georeferenciados representados en mapas vectoriales como puntos, líneas y áreas sobre un sistema de coordenadas estándar (latitud-longitud y elevación sobre el nivel del mar), con el objetivo de representar la forma de la superficie de la tierra en un plano y estudiar el tema de interés sobreponiendo las bases de datos que interesa analizar (ARC View Gis, 1996). Este programa accede a una fácil captura de información estableciendo modelos topológicos que permiten separar en estratos socioeconómicos a la ciudad. Matíjieek *et al.*, (2000) menciona que los SIG pueden integrar una gran variedad de datos espaciales y temporales, que se usan para almacenar datos mediante entrada y la salida de datos, la imagen mental, desarrollo de programas modulares, y algoritmos numéricos para el simulación de fenómenos.

GARP es un algoritmo genético capaz de crear modelos de zonificación de la generación de residuos apoyándose en la ubicación de los estratos socioeconómicos de la ciudad. Estos modelos pueden ubicar las condiciones socioeconómicas en las cuales se puede producir cierto tipo de residuo. Para definir el lugar de ocurrencia, GARP utiliza los parámetros socioeconómicos de un punto muestreado, para correlacionarlo a otros sitios con condiciones similares donde el estrato pueda ocurrir; así mismo, se apoya en un sistema que integra capas geográficas que representan los parámetros socioeconómicos que pudieran limitar las capacidades de los estratos para estar presentes en un lugar determinado (Stockwell *et al*, 1999).

#### IV. JUSTIFICACIÓN

No obstante, el desarrollo tecnológico existente en el ámbito internacional para la gestión de los Residuos Sólidos Municipales, los sistemas de Aseo Público en nuestro país no cuentan con información suficiente para tomar decisiones respecto a la selección de procesos y tecnologías para el manejo y disposición de RS. Además, existen pocos estudios referentes al manejo integral de estos. En el estado de Michoacán, y en particular en el municipio de Morelia, se tienen estudios sobre composición de RS, pero existe desorganización y falta de planificación de los sistemas de recolección. En la actualidad, son muchas las herramientas que permiten manipular información referente al manejo de los residuos. Con la ayuda de programas estadísticos, junto con los Sistemas de Información Geográfica (SIG), y mediante la aplicación de modelos espaciales a la producción por estrato socioeconómico de los residuos, los tomadores de decisiones dispondrán de una herramienta confiable que permita conocer y valorar las variables sobre generación de residuos, de una forma rápida y concisa.

Esta modelación sobre generación de RS permitirá la planificación integral por parte de los sistemas de aseo público y de recolección. Dará pauta a establecer programas de manejo mediante el establecimiento de centros de acopio, estaciones de transferencia separación y reciclaje. Con este sistema se optimizará el servicio además de verse una disminución de los residuos. Permitirá proponer soluciones adecuadas a cada región como son: zonificación y trazado de rutas de recolección, diseño de un sistema de reutilización de subproductos e infraestructura requerida para proporcionar un mejor servicio a la población en general, y de manera indirecta, se disminuya la contaminación ambiental ocasionada por los RS.

## **V. HIPOTESIS**

Existe una relación entre el ingreso y la producción de residuos sólidos, por lo tanto, si se utilizan variables socioeconómicas y tasas de generación, es factible utilizar algoritmos que permitan modelar y espacializar la producción de los Residuos Sólidos producidos en la ciudad de Morelia, Michoacán.

## VI. ANTECEDENTES

En años recientes los SIG han surgido como una poderosa herramienta para manejar modelos ambientales mediante un análisis espacial. En la actualidad existe una mayor disponibilidad de datos del ambiente, debido a la disponibilidad de recursos en Internet los cuales se pueden integrar a Softwares como el Desktop Garp y ARC View de ESRI (Instituto de Investigación de los Sistemas del Ambiente) que están disponibles en versiones poderosas y relativamente económicas. Incluyen modelos con capacidades de planificación especializada cuyos módulos se pueden añadir a software básicos. Paquetes de software como el ARC View son más fáciles de integrar o conjuntar con otros paquetes, debido a que casi todos ellos pueden usar Microsoft Visual Básic (UNU/IAS, 2003).

Los paquetes comerciales del software de SIG incluyen muchas herramientas de carácter uniforme para representar la información geográfica espacial. Desde el punto de vista de un planificador o un tomador de decisiones se tiene el creciente interés de obtener herramientas capaces de resolver las complicadas relaciones socioeconómicas para tener una adecuada planeación urbana. Es necesario el desarrollo de nuevos métodos para una adecuada planificación con respecto a planes urbanos y especialmente en los aspectos que tiene que ver con los cambios urbanos económicos y ecológicos (Lathí 1998). Estas herramientas son útiles para elaborar planes de transporte, para manejar técnicas de infraestructura en el propio manejo de residuos sólidos, establecimiento de rutas de recolección y áreas de disposición de residuos. El principal apoyo es a través de la elaboración de planos basados en alguna representación cartográfica de uso de suelo.

Los SIG son usados comúnmente como herramientas de planificación y análisis en países desarrollados; se combinan con otras metodologías de evaluación social y ambiental para el desarrollo de un nuevo conjunto de técnicas. Esta metodología incluye una base de datos espacial junto con información ambiental y social para poder proponer opciones adecuadas, con consultas al público dentro de una comunidad, así como a organizaciones gubernamentales y no gubernamentales (Forrester *et al.* 1999).

El manejo ambiental urbano puede ser trabajado mediante los SIG, los cuales pueden integrar características espaciales y estructurales de una ciudad, para tomar decisiones adecuadas con respecto a la planeación o monitoreo de alguna zona en específico, la que después se deberá integrar a un modelo para su análisis (Fedra,1999).

Lathi *et al.* (1998) menciona que los SIG y los paquetes del software con la cartografía elaborada más reciente (dtm) proporcionan una plataforma flexible y eficiente para realizar análisis urbanos, especialmente cuándo se tiene una gran cantidad de información espacial compleja. Existe al mismo tiempo, una enorme necesidad de entender los fenómenos y manejar los cambios urbanos en lo económico de una manera sustentable. En su trabajo desarrollado en Finlandia, describe los métodos y herramientas desarrolladas para evaluar los diferentes tipos de urbanización y sus funciones, así como también el urbanismo económico y ecológico.

Con respecto al uso de los SIG para planificar el manejo de los residuos sólidos, Joshi; (2003), elaboró un proyecto denominado "*Municipal Level GIS for Resource Mapping and Planning using GIS and GPS*" en Nepal, cuyo objetivo principal era establecer una base de datos con los SIG y una preparación de Modelos Digitales que sirvieran como herramientas para el manejo de los RS basándose en las regularizaciones de los gobiernos locales. Otro objetivo consistía en tener recursos para reforzar la capacidad de planeación de la administración municipal o en las propias colonias para tener disponibles los recursos y así consolidar los planes futuros en esas áreas que carecían de una planeación adecuada. Así llegaron a la conclusión de que el sistema de manejo de residuos en el municipio estaba fuera de lugar; no obstante, de que las comunidades se comprometían a mantener limpio con la adecuada disposición de los residuos. Los SIG permitieron un nivel de planificación municipal y una viabilidad económica pues más de 80% de la información municipal tuvo algún tipo de componente espacial. La interacción de los modelos espaciales proporcionó una herramienta para el análisis relativo de nuevos centros de servicio como rellenos sanitarios o centros de acopio, y proveyó de medios para valorar su impacto en las áreas circundantes; además de ayudar a una adecuada función del transporte. En todos

estos casos los SIG tomaron un papel importante para sostener las decisiones que dieron un mayor valor a los planes y procesos municipales.

Karagiannidis *et al.* (2003) desarrollaron un SIG para simular modelos que permitieran hacer una evaluación de posibles contextos de manejo integrado de RS para la toma de decisiones en la región de Macedonia Occidental. En este caso, los SIG fueron diseñados para permitir la fácil manipulación de los residuos, optimizar la eficacia de la recolección (estaciones de la transferencia, y facilidades para rehabilitar terrenos), así como la determinación óptima de sus capacidades, teniendo en cuenta la generación de los residuos y los costos involucrados. Para la aplicación del sistema, se hicieron simulaciones de posibles planes del manejo de RS en el área de estudio. Según el autor, dichos modelos de simulación el sistema permitirán la planificación a largo plazo del manejo de los RS, tomando en cuenta su vida útil (años); se podrán diseñar los horarios de trabajo de los vehículos de una manera dinámica (por ejemplo, en una base diaria) las rutas de recolección y/o los residuos los flujos, después de tomar en cuenta los requerimientos para su manejo (las ciudades o los municipios), el número de vehículos y sus limitaciones (capacidad) de carga, así como también la redes de caminos.

Karadimas *et al.* (2003), trabajaron en un sistema que se compone de una base de datos espacialmente georeferenciados y construidos a partir de un SIG, el cual incluyó todos los parámetros requeridos para el manejo de los RS, como es la recolección de residuos, rutas de transporte, datos relacionados con el tráfico en el área bajo el estudio, posible ubicación de sitios de relleno y capacidad de tierras rehabilitadas, todo con el fin de implementar un sistema que garantizara la calidad del servicio. La base de datos espacial se tomó a través de un usuario gráfico para elaborar un mapa que permitiera la comunicación, control y simulación de operaciones del SIG con la porción de terreno seleccionada usando un código de la referencia de la Agencia Estadística Griega. Además se implementó un análisis espacio temporal para representar la interrelación entre el crecimiento urbano, y consecuentemente, el aumento de residuos y los subsistemas de recolección-transporte-disposición del manejo de residuos. De esta manera, se busca que los usuario finales sean las autoridades regionales

para que pudieran involucrarse en modelos de programación no lineales para el cálculo de costos totales para la recolección, transporte y disposición de residuos, identificar la mayoría de los planes alternativos, requerimientos demográficos y necesidades financieras para que el manejo de residuos se adecuara al diseño y la implementación de este sistema integrado de SIG para su posterior aplicación.

Matijíeek *et al.* (2000) hacen referencia en su trabajo *Environmental Modelling in Urban Areas with SIG* en la región de Praga, en la República Checa; que con los SIG se pueden establecer modelos por biomonitoreo para hacer un manejo óptimo de los residuos gracias a que incluyen una gran variedad de técnicas para determinar los factores de contaminación en un ambiente urbano. Para realizar el análisis y los modelos se apoyaron en ARC GIS con ARC Objects y llegaron a la conclusión de que aunque los modelos se calibran y son probados para la aplicación en las áreas urbanas, la estructura de lo SIG son aplicables a otras áreas semejantes, además de que son accesibles por el usuario que trabaja con ellos.

En el ámbito regional, Buenrostro (2001) utilizó los sistemas de información geográfica (SIG) como una herramienta para monitorear el rango que cubría el servicio municipal de recolección en la ciudad, digitalizando mediante trazados, los itinerarios de cada una de estas unidades, para posteriormente representarlo en un mapa de la ciudad. Con este análisis estimó que los servicios de recolección municipales y los particulares, solamente alcanzaban a cubrir un 30 % del total de la mancha urbana. Con estos datos corroboró que no existen itinerarios apropiadamente establecidos de recolección, causando una saturación del servicio y la ausencia total del servicio en otras zonas.

Buenrostro *et al.*, (2003) elaboraron para la ciudad de Morelia un trabajo de Sectorización de las Rutas de Recolección la cual se basó en la interpretación monóscopica en pantalla de computadora de un ortofotomosaico digital con escala aproximada de 1: 10,000, con una resolución espacial de 0.50 m. para poder realizar la interpretación de la cobertura y uso de suelo. Para la generación y manipulación de la información espacial de las fotografías aéreas, el sistema utilizado fue el de ILWIS (Integrated Land and Water Information System) versión

3.1. El producto obtenido fue la creación de mapa de polígonos el cual representó la distribución de la ciudad de Morelia en términos de superficie por cobertura en la población. El mapa de sectorización para la recolección de la basura fue construido con base en la distribución sugerida por las asociaciones de recolectores de basura y el departamento de limpia del ayuntamiento de Morelia con base en la distribución espacial de las AGEB elaboradas por el INEGI.

## **VII. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **GENERAL**

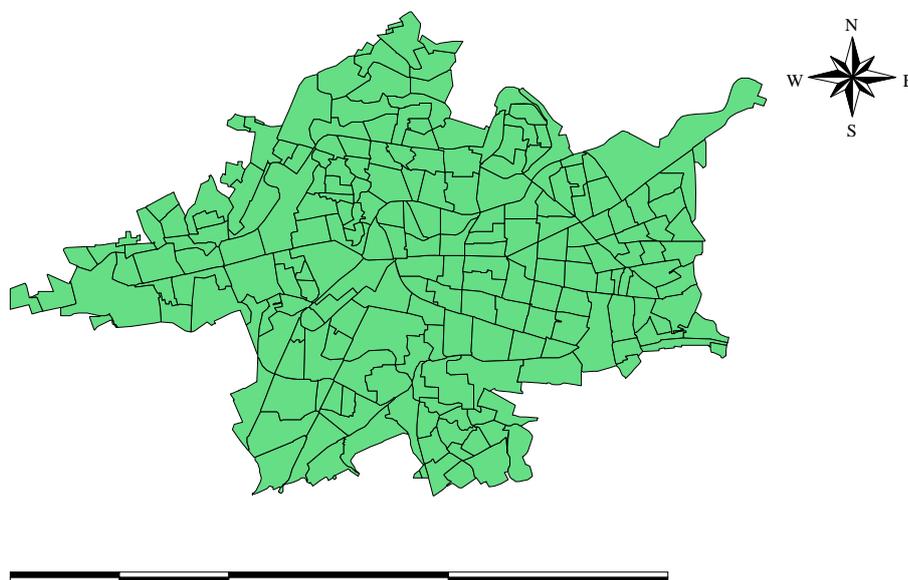
Utilizar variables socioeconómicas y de producción de residuos sólidos para modelar y espacializar la generación con base en el mapa de Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB) de INEGI, utilizando como estudio de caso la ciudad de Morelia, Michoacán.

### **PARTICULARES**

1. Comparar las bases de datos de generación de residuos sólidos de los años 1998 y 2004.
2. Conformar un SIG, cuyas bases de datos sobre generación de residuos sólidos, describan, ubiquen y relacionen ésta a variables socioeconómicas.
3. Analizar espacial y temporalmente los procesos de cambio en la producción de residuos en las diversas zonas de Morelia.
4. Utilizar algoritmos que expliquen y pronostiquen la generación de residuos sólidos con sus respectivos mapas ilustrativos.

## VIII. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El municipio de Morelia se encuentra localizado en la región centro-norte del Estado de Michoacán. Colinda con 14 municipios: Al Norte con Copándaro de Galeana, Tarímbaro, Chucandiro y Huaniqueo; al sur con Charo, Acuitzio del Canje, Villa Madero y Tzitzio; al oriente con Charo y al poniente con Coeneo, Quiroga, Tzintuntzan, Lagunillas, Huiramba y Patzcuaro. Tiene una extensión territorial de 1199 km<sup>2</sup> y representa el 2.03 % de la superficie total del estado (H Ayuntamiento de Morelia, 2004).



**FIGURA 1. MAPA DE UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO**

### OROGRAFÍA

La región presenta características orográficas muy accidentadas. El rango de altitudes que se registra para el municipio de Morelia es de los 1,640 a 2,440 msnm, entre los cuales la cabecera municipal se encuentra a 1,950 msnm. Encontramos una región montañosa que se extiende hacia el sur y forma vertientes bastante pronunciadas sobre todo hacia Ichaqueo y Tumbisca; al oriente sobresalen los cerros de la Coronilla y el Punhuato, alrededor de la cabecera municipal se tiene al sur la loma de Santa María y el cerro Coronilla

grande; hacia el poniente sobresale el cerro del Águila y al noroeste los cerros de la Cruz, las Tetillas de Quinceo y el Quinceo que es el de mayor altura del municipio con 2787 msnm que se une con las lomas de Tarímbaro, los cerros de Cuto y de Uruétaro, los cuales limitan al valle y lo separan de la cuenca del lago de Cuitzeo (H, Ayuntamiento de Morelia, 2002).

## **GEOLOGÍA**

La ciudad de Morelia se localiza en el contacto entre dos provincias geológicas importantes, al sur se encuentra la Sierra Madre del Sur, que en el municipio se conoce como la Sierra de Mil Cumbres (Silva-Mora, 1979) cuyos productos andesíticos, ignimbríticos y basálticos sucesivos fueron emitidos entre 33 y 8±2 My. del Oligoceno al Mioceno (Israde, *et al*, 2004). Forma parte de la cuenca de Cuitzeo, limitada al Este por la Caldera de Los Azufres y al Oeste por vulcanitas pliocuaternarias cuyos productos formaron los volcanes en escudo Quinceo - Las Tetillas, los cuales forman parte del vulcanismo del Corredor Tarasco, todos de composición calcoalcalina; después de la de Chapala es la más extensa a nivel regional (Israde y Garduño, *et al*, 2002).

En la región de Morelia sobre los depósitos anteriores descansa un conjunto de andesitas y flujos piroclásticos de composición riolítica denominados “Cantera de Morelia” que por relaciones estratigráficas se le ha atribuido una edad Mioceno. Sobre las rocas volcánicas miocénicas se presenta una serie de productos lacustres y fluviolacustres que pueden ser cartografiados por varios kilómetros, describiendo un cinturón orientado al Este-Oeste. En el municipio estas secuencias lacustres y fluviolacustres que van de 8 ca. a 3 M.a afloran al sur, este y suroeste de la ciudad de Morelia (Israde, *et al* 2004).

Desde el punto de vista de la Tectónica, la sucesión de Mil Cumbres aflora hacia el sur y es el basamento de la Cuenca de Cuitzeo; se interrumpe posteriormente por la intersección de un segmento del sistema activo de la falla Morelia Acambay. La secuencia aflorante localizada en el sector norte de la depresión de Cuitzeo corresponde a un bloque basculado hacia el sur el cual permitió la formación de la depresión de Charo y Morelia. Este sistema al reactivarse ha

dado lugar en la ciudad de Morelia a fenómenos de hundimientos que se alinean en dirección de esta falla regional NE - SO (Israde, *et al* 2004).

Finalmente lo que conforma el actual valle de origen tectónico de Morelia fue labrado por las unidades geológicas del Cinturón Volcánico Mexicano donde existe una columna de rocas del Plio Cuaternario que dominan sobre todo al occidente y noroccidente del municipio (Israde, *et al* 2004).

## SUELOS

Los suelos varían según el relieve en que les encuentre en la cuenca. El cuadro 1 presenta los suelos identificados para el municipio:

**Cuadro No. 1. Tipos de suelos identificados en el municipio de Morelia**

Unidad	Hectáreas
Acrisol	160323.0293
Cambisol	5819.863514
Gleysol	2618.475304
Feozem	103184.1863
Litosol	84605.23617
Luvisol	276228.3898
Regosol	699.258232
Andosol	174024.2973
Ranker	20958.34239
Vertizol	204734.9917
Planosol (W)	20551.98441

Fuente: Carta Edafológica, INEGI, 1975.

Entre los principales suelos tenemos a el grupo de los vertizoles con el 19.43 %, entre los de destaca el vertizol pélico; el luvisol con el 26.21 % predominando el luvisol crómico y el feozem con el 9.8 % destacando el feozem háplico. Por su vocación, se identifica el suelo acrisol órtico en la parte sur del municipio, donde se desarrollan bosques subhúmedos, templados y fríos debido a la acumulación

de arcilla en el subsuelo y la baja susceptibilidad a la erosión. Se desarrollan suelos de carácter agrícola en la parte norte, específicamente una fracción de lo que se conoce como el valle de Morelia – Queréndaro (INEGI 1975).

## **HIDROLOGÍA**

El municipio de Morelia pertenece a la región hidrográfica conocida como Lerma-Santiago. Las corrientes fluviales principales son el río Grande y el río Chiquito. Los arroyos que más se conocen son el de la Zarza y la Pitaya. Los cuerpos de agua más importantes son las Presas de Cointzio, Umecuaró y Loma Caliente, aun cuando existen varios almacenamientos, principalmente para uso pecuario. En el municipio afloran más de 70 manantiales, siendo el de la Mintzita, el más grande, dedicado su uso para la dotación de agua a la ciudad (H. Ayuntamiento de Morelia, 2004).

## **CLIMA**

El clima reportado para la ciudad de Morelia es Cb(w1)(w)(i')g templado húmedo con inviernos benignos y veranos frescos. La temperatura media del mes más caliente menor a 22° C.

En general, en el municipio de Morelia predomina el clima del subtipo (Cw) templado subhúmedo con un régimen de lluvias en verano y una precipitación de entre los 700 a los 1,000 milímetros anuales. La temperatura media anual se ubica entre los 14° y los 18° centígrados, aunque en forma eventual y por periodos muy cortos se han registrado temperaturas hasta de 38° centígrados (H. Ayuntamiento de Morelia, 2004).

## **IX. MATERIALES Y MÉTODO**

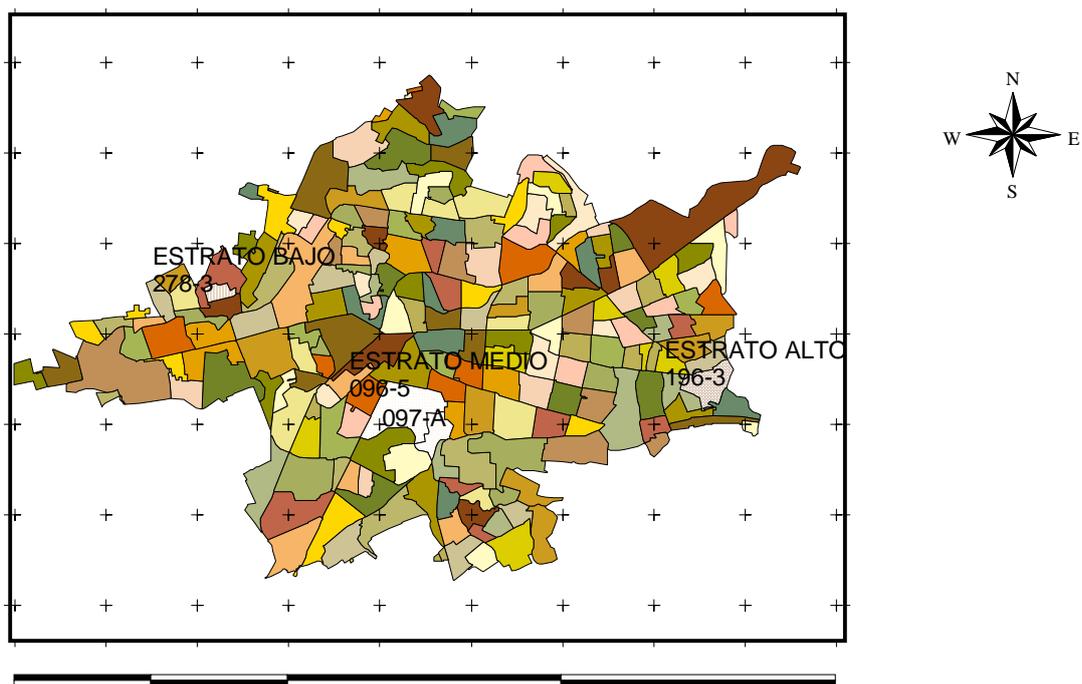
Como objeto de estudio se utilizaron las bases de datos de composición de RS provenientes de estudios de generación realizados en los años de 1998 y 2004. Para el caso del análisis de 2004, se realizó el estudio para obtener los datos, siguiendo la metodología del estudio de 1998. La cual se detalla a continuación:

### **Diseño experimental de la investigación**

Los sitios de muestreo se seleccionaron teniendo como base la distribución espacial de las AGEB elaboradas por el INEGI de acuerdo con una estratificación socioeconómica, la cual divide el ingreso de la población en tres niveles (INEGI, 1991).

- a) Estrato socioeconómico bajo
- b) Estrato socioeconómico medio
- c) Estrato socioeconómico alto

Después de conocer la clasificación socioeconómica de INEGI, se ubicaron los estratos en un plano de la ciudad de acuerdo al régimen de propiedad, estética y presencia de servicios comerciales proyectado para cada zona y posteriormente se verificó su situación mediante recorridos visuales. Para la selección de los lugares de muestreo, éstos se tomaron de manera aleatoria, buscando siempre una diferenciación clara de los tres puntos. Los estratos que se tomaron en cuenta para el muestreo fueron para el estrato bajo: colonias Lucio Cabañas, la Palma y Hermosa Provincia, localizadas en el extremo noroeste de la ciudad; para el estrato medio se muestrearon las colonias Valle Quieto y Villa Universidad que se encuentran ubicadas al centro sur del Municipio; y por último, para el estrato alto se trabajó en el fraccionamiento Américas – Britania ubicado al sureste de la ciudad. La figura 2 muestra la distribución del muestreo.



**FIGURA 2. MAPA DE LOCALIZACIÓN DE LOS AGEB MUESTREADOS**

### **Muestreo de los RS y procedimiento de campo**

El procedimiento de campo se llevó a cabo de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NMX-AA-061-1985 Protección al Ambiente – Contaminación del Suelo – Residuos Sólidos Municipales – Determinación de la Generación. Environmental Protection Contamination – Municipal Solid Residues – Determination of Generation (SECOFI, 1985), mediante la cual es posible determinar la generación per cápita de Residuos Sólidos Residenciales. Los datos de generación de RS provienen de muestreos realizados durante los años de 1998 y 2004.

Una vez determinado y ubicado el sitio de muestreo, se dividió en 8 equipos de trabajo para recorrer diferentes puntos de la colonia o fraccionamiento. De manera individual o en equipos de dos personas según el tamaño de la zona, se procedió a recorrer el universo de trabajo, a la vez que mediante el criterio de visitar las viviendas y seleccionar aquellas que deseaban participar en el estudio, se elegían las viviendas para realizar el muestreo. Una vez que se llegó al domicilio, se informó a los habitantes de las casas seleccionadas sobre los

objetivos del proyecto, y se les pidió su colaboración para el muestreo; en caso de no aceptar se recorrió a la siguiente vivienda.

Posteriormente se les entregó una bolsa con peso aproximado de 52 gr. y de tamaño de 60 x 90 cm., en la cual se depositaron los residuos que se acumularon durante el transcurso del día, aclarando que dichos residuos deberían ser depositados sin haber sido tratados por algún mecanismo de selección y/o tratamiento.

Al siguiente día se regresó al domicilio seleccionado para colectar la bolsa con los residuos y se le asignó una clave de identificación con el número del domicilio. Las muestras se tomaron de fuentes de generación residenciales, los cuales se definen como aquellos generadores que producen residuos sólidos en viviendas (Buenrostro, 1999). Las bolsas con residuos fueron trasladadas a un sitio específico únicamente para ser pesadas con el único fin de no alterar la caracterización pues podría ser de varios días. A esta maniobra se le conoce como “operación de limpieza” (NMX-AA-061-1985. INE/SEMARNAP, 1985)

A partir del segundo, hasta el séptimo día del periodo de muestreo, se recogieron las muestras de residuos del día anterior asignando su clave correspondiente y otorgando una bolsa nueva día con día para almacenar los residuos que se habrían de generar durante las 24 horas siguientes.

Simultáneo al muestreo, se aplicó una encuesta a cada vivienda seleccionada para conocer parámetros socioeconómicos específicos como el ingreso total mensual del hogar, número de habitantes por casa, sexo y edad de cada uno de ellos, escolaridad de los jefes de familia, régimen de propiedad de la casa y si poseen automóvil (Anexo 1), con el fin de establecer ciertas variables socioeconómicas para reclasificar las muestras con los datos del Censo del 2000 y de la encuesta socioeconómica que se aplicó.

## **Caracterización y cuantificación de subproductos**

Teniendo ya las bolsas de residuos colectadas se procedió a trasladadas a un sitio específico para realizar el análisis de composición de los RS. La selección de categorías que se encuentran en los residuos, se efectuó de acuerdo con una variante de la Norma de Clasificación NTRS-5, propuesta por la SEDUE (Anexo 2). Antes de caracterizar y cuantificar los subproductos se pesaron las bolsas en balanzas de precisión Trans-Cell Modelo TI-500 con capacidad de 30 kilogramos y una sensibilidad de 2 gramos, las cuales operan con corriente eléctrica de 110 voltios. Posteriormente se vació bolsa por bolsa para realizar el análisis por medio de una separación manual de cada componente de los residuos. Estos se pesaron en las balanzas de precisión y los pesos de cada subproducto se anotaron en el formato de clasificación de subproductos antes expuesto (NOM-AA-22-1985). Residuos Sólidos Municipales - Selección y cuantificación de subproductos) (INE/SEMARNAP, 1985)

Finalizada la separación y pesado se sumaron todos los pesos por semana para estimar la producción total de subproductos por estrato socioeconómico la cual se calculó con la ecuación:

$$\mathbf{GPRS = GTS / DM}$$

Donde:

GPRS = Generación Promedio de Residuos Sólidos

GTS = Generación Total de los Subproductos

DM = Número de días del muestreo

Una vez que se obtuvieron los resultados producto del análisis de composición se procedió a sacar el promedio de generación tomando en cuenta la producción de Residuos Sólidos Residenciales entre los seis días de muestreo. Para esto se utilizó la fórmula:

$$\mathbf{GPSE = GPV_1 + GPV_2 + GPV_3 + \dots GPV_n / TM}$$

Donde:

GPSE = Generación Promedio de Subproductos por Estrato

GPVn = Generación de subproductos por Vivienda

TM = Total de Muestras

### **Análisis estadístico de los datos**

Los datos del análisis de generación de 1998 y 2004 se ordenaron por estrato socioeconómico, para poder conocer si existen diferencias estadísticamente significativas en la cantidad de residuos generados en función de la clasificación propuesta por el INEGI. Esta información se capturó y se conformó una base de datos en el programa Excel (Microsoft Office XP, 1985 -2001).

Considerando los datos de generación por estrato a lo largo de la semana, se elaboró una matriz con la cual se procedió a hacer un análisis estadístico utilizando el programa estadístico JMP (Versión: 3.2.2. 1989-1997. SAS Institute Inc.) para observar el comportamiento del conjunto de variables cuantificadas y así conocer si había diferencias estadísticas en cuanto a la generación en los estratos socioeconómicos.

#### **a) Análisis de correspondencia**

Se utilizó el programa estadístico JMP para realizar el análisis de correspondencia para comprobar si las muestras caracterizaban a cada estrato.

#### **b) Análisis de Componentes Principales (ACP)**

Para realizar el análisis de los subproductos se procedió a realizar un Análisis de Componentes Principales. Posteriormente el ACP fue utilizado para establecer la relación entre las variables de subproductos resultantes con las variables socioeconómicas consideradas para el muestreo.

### **c) Análisis Univariado**

El primer paso para obtener los resultados producto de los Análisis de Varianza (ANOVA) fue conocer mediante una prueba paramétrica el comportamiento estadístico de cada uno de los subproductos de manera separada. Al efectuar dicho análisis se percató que estos no experimentan una distribución normal ( $P < 0.05$ ) pues los valores no muestran un equilibrio respecto a la media. Por lo tanto las variables se evaluaron con la prueba no paramétrica de Wilcoxon/Kruskal-Wallis. Esta prueba resulta útil cuando no se puede satisfacer el supuesto de normalidad y con ella se puede realizar un análisis cuando las muestras provienen de una población idéntica (Devore, 2005).

### **d) Análisis de Varianza Multivariado (MANOVA)**

Mas tarde, teniendo plena ubicación de los subproductos que poseían alguna diferencia, se procedió a hacer los Análisis de Varianza Multivariado (MANOVA) para conocer si había diferencias estadísticas de las variables **en conjunto** en cuanto a generación de RS en los estratos socioeconómicos.

### **e) Análisis estadístico de la relación entre los subproductos y las variables socioeconómicas**

Los resultados del análisis de generación, de la aplicación de la encuesta y de las variables socioeconómicas de los AGEB, se conjuntaron para realizar el ACP para conocer por medio de un gráfico la relación lineal existente entre los subproductos y las variables socioeconómicas.

### **f) Mapas de distribución potencial de los estratos**

Con los subproductos que caracterizaban la generación para cada estrato se procedió a trabajar ahora con los SIG para integrar las variables socioeconómicas y las correspondientes a las de generación. Se tomó como base la distribución espacial de las AGEB diseñadas por el INEGI para dividir la ciudad en estratos. Las Áreas que se tomaron en cuenta son: 278-3, 097-A, 096-5 y el 196-3.

Básicamente se trabajo con dos Softwares, Arc View 3.2 (ESRI, 1996) y con el programa Desktop GARP (Stockwell et al 1999).

Como primera parte del análisis se añadieron al software ARC View los mapas con información cartográfica digital escala 1:10,000, en formato vectorial y como sistema de referencia se tomaron en consideración las coordenadas geográficas de latitud y longitud. Posteriormente, se integraron los AGEB previamente formateados de tal forma que se ubicaran los agebs dentro de cada estrato, con la finalidad de que la información temática que se utilizo en el proyecto coincidiera perfectamente a nivel espacial para poder establecer relaciones. La información espacial se georeferencio correctamente con una misma superposición de los sistemas de proyección y de coordenadas. Se trabajó en formato vectorial con el objetivo de vincular los objetos de la cartografía digital con las variables socioeconómicas de los AGEB.

Después de formateada la información cartográfica, se utilizaron algunos de los datos de las variables socioeconómicas reportadas dentro de los AGEB por el INEGI que tuvieran relación a las consideradas en el análisis de generación para efectuar los mapas de distribución potencial de los estratos con GARP Cabe mencionar que estas variables tienen amplia relación que las consideradas en los datos del muestreo como son escolaridad, régimen de propiedad, o población económicamente activa. Las variables utilizadas en el análisis espacial son las siguientes:

**Cuadro No. 2. Variables censales por AGEB**

<b>Clave</b>	<b>Criterio</b>
Z1	Población total
Z70	Población de 15 años o más sin instrucción
Z71	Población de 15 años y más con primaria incompleta
Z72	Población de 15 años y más con primaria completa
Z77	Población de 15 años y más con secundaria incompleta
Z79	Población de 15 años y más sin instrucción media superior

## Cuadro No 2. (Continuación)

---

Z81	Población de 15 años y más sin instrucción superior
Z83	Grado promedio de escolaridad
Z101	Población económicamente activa
Z102	Población económicamente inactiva
Z103	Población desocupada
Z108	Población ocupada como empleado u obrero
Z109	Población ocupada como jornalero o peón
Z110	Población ocupada por cuenta propia
Z111	Población ocupada que trabajó hasta 32 hrs. en la semana
Z112	Población ocupada que trabajó hasta 40 hrs. en la semana de referencia
Z113	Población ocupada que trabajó hasta 41 a 48 hrs. en la semana de referencia
Z114	Población ocupada que no recibe ingreso por su trabajo
Z115	Población ocupada que recibe menos de un salario mínimo mensual de ingreso por su trabajo
Z116	Población ocupada que recibe 1 y hasta 2 salarios mínimos
Z117	Población ocupada que recibe más de 2 y hasta 5 salarios
Z118	Población ocupada que recibe más de 5 salarios mínimos
Z119	Total de viviendas habitadas
Z120	Viviendas particulares habitadas
Z159	Viviendas particulares que disponen de automóvil o cuenta propia
Z163	Promedio de ocupantes en viviendas particulares

---

INEGI 2000

Básicamente el software Desktop Garp incluyó la zonificación mediante mapas con referencia geográfica (longitud y latitud) dentro de la ciudad, para lograr representar a los estratos bajo estudio, además de una serie de variables socioeconómicas representativas a los AGEB.

### **g) Análisis espacial de generación de RS con los SIG**

De esta forma, los datos de los AGEB tomados en consideración se extrapolaron a los demás AGEB para modelar la predicción de la distribución de los estratos socioeconómicos y de esta forma elaborar los mapas de la generación de residuos estableciendo su caracterización con el estrato socioeconómico en cuestión, que permitieran a su vez el tratamiento y discusión de los datos.

De esta forma se corrieron los programas y se elaboraron los mapas de variables socioeconómicas, para relacionarla con el estrato y la generación.

## X. RESULTADOS

### Diseño experimental de la investigación

El objetivo de efectuar el análisis de generación consistió en conocer la composición de los RS y determinar si hay diferencias en la cantidad en los diferentes estratos socioeconómicos.

En el muestreo efectuado en 1998, se repartió un total de 369 bolsas de las cuales se recuperaron 262 muestras lo que equivale al 71 % del total. El cuadro 3 indica la cantidad de bolsas distribuidas y recuperadas en cada uno de los estratos socioeconómicos analizados.

**Cuadro No. 3. Bolsas manejadas en el muestreo del año 1998**

<b>Estrato socioeconómico</b>	<b>Bolsas Entregadas</b>	<b>Bolsas recuperadas</b>
Bajo	89	65
Medio	132	101
Alto	148	96
TOTAL	369	262

Fuente: Buenrostro, 2001.

Por su parte, en la caracterización de RS del 2004, se repartieron en promedio 120 bolsas por cada estrato, de las cuales se recuperaron 98 bolsas en promedio diariamente, lo cual da un porcentaje de recuperación de 81.66 %. De este promedio de bolsas recolectadas se estuvieron analizando 80 muestras diariamente lo que nos da un total de 1440 muestras analizadas durante todo el proceso efectuado en campo.

### Muestreo de los RS y Procedimiento de campo

Respecto al número de viviendas analizadas, en el cuadro 4 se presenta la caracterización efectuada en el muestreo de los RS para 1998 y 2004 respectivamente. Previamente se suprimieron las muestras en las que no se pudo

aplicar la encuesta y aquellas en las cuales había datos aberrantes (datos que incrementaban la cantidad de residuos fuera de proporción, conforme a las demás muestras).

**Cuadro No. 4. Unidades caracterizadas durante el muestreo**

Estrato socioeconómico	Caracterización de Muestras	
	1998	2004*
Bajo	65	94
Medio	98	99
Alto	66	76
<b>TOTAL</b>	<b>229</b>	<b>269</b>

\*En el caso del muestreo del 2004, se tomó en consideración un promedio de los seis días de muestreo

### Caracterización y cuantificación de subproductos

El cuadro 5 presenta los resultados de la caracterización de subproductos y la generación de cada estrato socioeconómico en el municipio analizado.

**Cuadro No. 5. Producción total por semana de subproductos de los RS por estrato socioeconómico (gramos peso fresco)**

SUBPRODUCTO	ESTRATO BAJO		ESTRATO MEDIO		ESTRATO ALTO	
	1998	2004	1998	2004	1998	2004
Algodón	150	949	1	2313	30	750
Cartón	3732	43912	6634	94627	3562	89285
Cuero	50	1282	500	2430	20	361
Residuo Fino	0	1758	0	2511	0	439
Material no Separable	0	25542	0	38967	0	9137
Cartón Encerado	0	88	121	379	20	776
Tetrapack	150	7069	2410	22264	1715	19431
Tetrabrick	55	1570	1075	4243	5	4663
Papel Encerado	83	738	0	1160	15	741
Fibra Dura Vegetal	422	100781	485	192980	1005	48984
Fibra Sintética	400	7471	523	16976	45	11633
Hueso	702	1593	4019	3183	985	1352
Hule	100.5	1398	531.5	3500	45	5485
Loza y Cerámica	1340	5892	1650	14311	310	2121

### Cuadro No. 5. (Continuación)

Madera	2478.5	7876	0	13577	264	4369
Material de Construcción	410	1754	112	4353	0	12358
Aluminio	61.5	2173	806	6720	109	4013
Hojalata	95	7442	237	20119	17	19097
Material Ferroso	2338	5392	4574	9377	2093	4322
Papel	4619	40696	11245	107521	7978	11646
Papel Higiénico	3102	56329	14769	124437	5912	85105
Pañal Desechable de Niño	19378	213403	22947	261866	4810	57305
Pañal Desechable de Adulto	0	4184	0	10990	0	9811
Toalla Femenina	0	5678	540	8118	330	2535
Heces Fecales	560	137	605	1005	215	5414
Bolsa de Botana	563	8314	372.5	13564	141	5497
Bolsa de Película	6683	50608	9285	90389	4363	40544
Bolsa Laminada	105	623	20	1356	75	1414
Plástico Rígido	1622.05	26805	5143	47547	1738	24116
Tereftalato de Polietil.(PET)	2205	32817	4393	69905	1525	51342
Polietileno Alta Densidad	520	6022	3906	22237	2135	29221
Policloruro de Vinilo (PVC)	420	1432	65	2367	320	832
Garrafrones	230	5240	25	10473	130	1532
Hule Espuma	125	1767	65	4317	13	1269
Hielo Seco	195.05	5689	886	9336	676.5	5544
Polipropileno (PP)	229	2098	1131	3555	464	4698
Residuos Alimenticios	57472	494199	171574	1151102	86655	66499
Residuos de Jardinería	0	58270	9735	162107	17840	89459
Trapo	5767	18116	960.5	36245	1606.5	9005
Vidrio Transparente	5384	32184	15229	67256	7175	40841
Vidrio de Color	130	3487	1340	22192	110	9487
Pilas Eléctricas	140	764	235	1715	0	302
Tierra	17460	42425	3637	51507	975	7587
Papel Celofán	711.1	183	877.5	777	430	296
Material Eléctrico	357	1044	0	12526	0	422
Colillas	0	213	81	625	32	1205
Piedras	0	3820	10	4366	190	57
Plastilina	0	42	10	292	0	0
Detergente	0	0	0	18	0	587
Vísceras	0	0	580	240	400	317
Papel Metálico	0	416	0	1022	0	862
Residuos Peligrosos	0	2317	55	8787	90	2363
Zapatos	0	8697	255	10278	0	1288
Cabello	0	69	0	363	0	119
Cera	0	621	0	1072	0	120
Pelo de Animal	0	6	0	138	0	12
Plumas	0	4	0	6	0	0
Filtro	0	0	0	0	0	0
Escoba	0	133	0	1227	0	615
Ceniza	0	4824	0	6121	0	0
Carbón	0	966	0	966	0	0
Látex	0	19	0	70	0	378
Harina	0	404	0	404	0	0
Paja	0	14	0	14	0	0
Borrador	0	12	0	20	0	18
Poliestireno (PS)	0	0	0	971	0	2118
Papel Laminado	0	21	0	215	0	16
<b>TOTAL</b>	<b>135376</b>	<b>135979</b>	<b>300913</b>	<b>2785615</b>	<b>154286</b>	<b>811115</b>

Una vez que se obtuvieron los resultados de la producción total, se promedió la generación tomando en cuenta la producción de residuos sólidos residenciales entre los seis días de muestreo. El cuadro 6 presenta la producción promedio de residuos en el área de estudio.

**Cuadro No. 6. Producción promedio por día de subproductos de los RS por vivienda y por estrato socioeconómico (gramos peso fresco)**

SUBPRODUCTO	ESTRATO					
	BAJO		ESTRATO MEDIO		ESTRATO ALTO	
	1998	2004	1998	2004	1998	2004
Algodón	2.4590	1.6826	0.01	1.6953	0.5263	3.2814
Cartón	61.180	77.374	53.07	299.45	62.491	344.49
Cuero	0.8197	2.2730	4	3.8081	0.3509	1.5628
Residuo Fino	0	2.7021	0	1.7896	0	1.7662
Material no Separable	0	45.118	0	30.452	0	24.748
Cartón Encerado	0	0.1560	0.97	5.6987	0.3509	3.2554
Tetrapack	2.4590	11.980	19.28	65.067	30.087	82.151
Tetrabrick	0.9016	2.7305	8.60	17.486	0.0877	20.419
Papel Encerado	1.3607	1.2943	0	2.1919	0.2632	3.2078
Fibra Dura Vegetal	6.9180	177.15	3.88	173.02	17.632	203.33
Fibra Sintética	6.5574	12.608	4.18	31.496	0.7895	25.424
Hueso	11.508	2.8245	32.15	4.7020	17.281	5.7576
Hule	1.6475	2.4787	4.25	18.737	0.7895	5.6580
Loza y Cerámica	21.967	10.447	13.20	7.5724	5.4386	9.9697
Madera	40.631	13.950	0	8.5017	4.6316	18.688
Material de Construcción	6.7213	3.0957	0.90	41.234	0	52.138
Aluminio	1.0082	3.3457	6.45	18.025	1.9123	16.757
Hojalata	1.5574	12.431	1.90	85.936	0.2982	80.225
Material Ferroso	38.328	9.5213	36.59	14.745	36.719	18.043
Papel	75.721	69.966	89.96	411.41	139.97	405.57
Papel Higiénico	50.853	99.073	118.15	290.40	103.72	346.22
Pañal Desechable de Niño	317.67	370.99	183.58	201.11	84.386	246.41
Pañal Desechable Adulto	0	7.4184	0	33.122	0	42.471
Toalla Femenina	0	9.9184	4.32	10.112	5.7895	10.787
Heces Fecales	9.1803	0.2429	4.84	18.171	3.7719	23.437
Bolsa de Botana	9.2295	14.342	2.98	21.463	2.4737	23.974
Bolsa de Película	109.56	83.129	74.28	138.00	76.544	150.77
Bolsa Laminada	1.7213	1.1046	0.16	5.3047	1.3158	6.1212
Plástico Rígido	26.591	44.768	41.14	82.989	30.491	99.515
Tereftalato de Polietil. PET	36.147	56.516	35.14	182.73	26.754	199.86
Polietileno Alta Densidad	8.5246	10.044	31.25	131.16	37.456	122.65
Policloruro de Vinilo (PVC)	6.8852	2.5000	0.52	4.8939	5.6140	3.6190
Garrafrones	3.7705	8.3528	0.20	5.8283	2.2807	6.6320
Hule Espuma	2.0492	3.1330	0.52	18.631	0.2281	5.4762
Hielo Seco	3.1975	9.5266	7.09	18.934	11.868	21.039
Polipropileno (PP)	3.7541	3.7199	9.05	16.422	8.1404	20.181
Residuos Alimenticios	942.16	852.75	1372.6	2383.2	1520.3	2743.7
Residuos de Jardinería	0	102.45	77.88	405.46	312.98	362.53
Trapo	94.541	32.120	7.68	40.811	28.184	38.948

## Cuadro No. 6. (Continuación)

Vidrio Transparente	88.262	57.064	121.83	147.43	125.88	171.71
Vidrio de Color	2.1311	4.9628	10.72	42.461	1.9298	49.086
Pilas Eléctricas	2.2951	1.3440	1.88	1.7357	0	1.3074
Tierra	286.23	74.342	29.10	25.545	17.105	24.415
Papel Celofán	11.657	0.3245	7.02	3.0875	7.5439	1.1861
Material Eléctrico	5.8525	1.8511	0	1.7559	0	1.4199
Colillas	0	0.3475	0.65	4.2391	0.5614	0.6277
Piedras	0	6.2163	0.08	0.2458	3.3333	0.0043
Plastilina	0	0.0745	0.08	0.0724	0	0
Detergente	0	0	0	2.0875	0	2.5411
Vísceras	0	0	4.64	1.0673	7.0175	1.3723
Papel Metálico	0	0.7234	0	3.1987	0	4.2165
Residuos Peligrosos	0	3.8670	0.44	9.3232	1.5789	9.9091
Zapatos	0	15.420	2.04	9.4074	0	5.5758
Cabello	0	0.1223	0	0.4175	0	0.5498
Cera	0	1.1011	0	0.8081	0	0.5195
Pelo de Animal	0	0.0106	0	0.0404	0	0.0519
Plumas	0	0.0071	0	0.1448	0	0
Filtro	0	0	0	0	0	0
Escoba	0	0.2358	0	1.5589	0	2.6623
Ceniza	0	8.5532	0	0	0	0
Carbón	0	1.7128	0	0	0	0
Látex	0	0.0337	0	0.1279	0	0.1645
Harina	0	0.7163	0	1.1751	0	1.4719
Paja	0	0.0248	0	0	0	0
Borrador	0	0.0213	0	0.0067	0	0.0087
Poliestireno (PS)	0	0	0	7.1178	0	8.6926
Papel Laminado	0	0.0376	0	2.7789	0	0.7895
<b>TOTAL</b>	<b>2304.1</b>	<b>2354.3</b>	<b>2429.3</b>	<b>5517.5</b>	<b>2746.9</b>	<b>6089</b>

## Resultados del análisis estadístico de los datos

### *Caracterización de subproductos para 1998*

#### **a) Análisis de correspondencia**

El análisis de correspondencia se efectuó para determinar si todas las unidades muestrales (viviendas) se comportan de acuerdo con el estrato socioeconómico en el que están reportadas. Los números en paréntesis indican el porcentaje de acierto en la predicción de las muestras con respecto al comportamiento observado en cada estrato. En el estrato alto 34 de las 66 muestras se predice corresponderían a este estrato, mientras que 32 de ellas se clasificarían en otro estrato; esto corresponde al 51.52 %. En el caso del estrato bajo 33 de las 65 muestras corresponden a este de acuerdo con sus patrones de generación, lo que equivale al 50.77 %. Por último, se encuentra el estrato medio con un número de

muestras de 63 de las 98 analizadas, que corresponde a un 64.29 %, lo que se traduce en que la muestra está caracterizando a toda la población con un nivel alto de significancia. Lo anterior se muestra en el cuadro 7.

**Cuadro No. 7. Análisis de correspondencia para 1998.**

<b>Estrato/Columna %</b>	<b>Bajo</b>	<b>Medio</b>	<b>Alto</b>	<b>Total</b>
<b>B</b>	<b>33 (50.77)</b>	20 (30.77)	12 (18.46)	65
<b>M</b>	17 (17.35)	<b>63 (64.29)</b>	18 (18.37)	98
<b>A</b>	7 (10.61)	25 (37.88)	<b>34 (51.52)</b>	66
<b>Total</b>	57	108	64	<b>229</b>
Prueba	Chi Cuadrada		Probabilidad > Chi Cuadrada	
Distribución de Probabilidad f	38.856		<b>&lt;.0001</b>	
Pearson	41.153		<b>&lt;.0001</b>	

Las muestras caracterizaron a la población para cada estrato. Es por ello que para fines de contrarrestar la generación de los dos años en cuestión no fue necesario hacer una reclasificación de muestras para ver a cual estrato pertenecían.

#### **b) Análisis de Componentes Principales (ACP)**

Con la base de datos depurada se prosiguió a hacer el análisis estadístico de los datos. Lo primero era conocer mediante un ACP por medio del programa JMP, aquellos subproductos que no mostraban diferencias en los estratos para suprimirse y hacer el análisis respectivo. El cuadro 8 indica los subproductos que mostraron diferencias y con los que se efectuó el análisis estadístico.

**Cuadro No. 8. Subproductos que mostraron diferenciación por estrato socioeconómico después del ACP para 1998 (gramos preso fresco)**

<b>Producción Total por Semana (gramos)</b>			
<b>Subproducto</b>	<b>Estrato Bajo</b>	<b>Estrato Medio</b>	<b>Estrato Alto</b>
Aluminio	56.5	571	104
Polietileno Alta Densidad	520	2833	1905
Polipropileno	214	870	429
Tierra	12590	3617	605
Papel Celofán	476.05	758.5	428

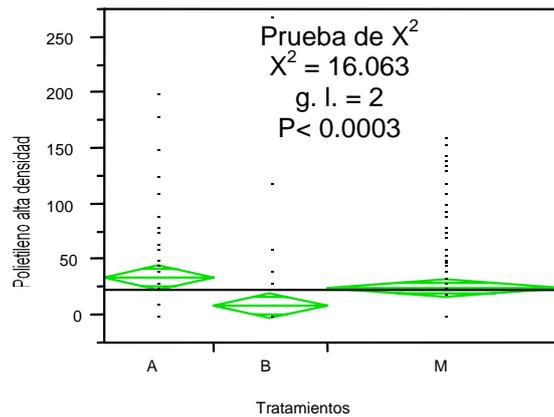
### **c) Análisis Univariado**

Para poder observar cuales eran los subproductos que tenían diferencias estadísticamente significativas entre sí y conocer la diferencia de generación entre los estratos se aplicó la prueba no paramétrica de Análisis de Varianza de Wilcoxon/ Kruskal Wallis.

Cabe mencionar que el **Aluminio y el Papel Celofán** no mostraron diferencia estadísticamente significativa en forma individual ( $P < 0.05$ ) entre los estratos; por lo tanto, no se mencionan en los resultados estadísticos de manera unitaria.

#### **1. Polietileno Alta Densidad (PEHD)**

Este residuo está integrado dentro de los materiales plásticos con código 2. Se utiliza como materia prima para fabricar envases de leche, agua, botellas de detergentes y suavizantes principalmente. Por su composición específica de rigidez y resistencia, es difícil de degradarse dentro de los tiraderos por su resistencia a los químicos y el ambiente.



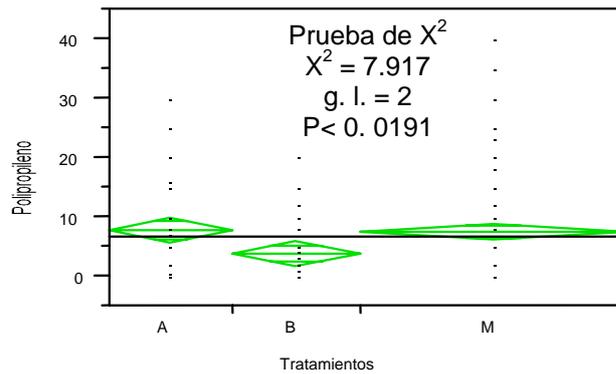
**Figura 3. Representación Gráfica de la producción de Polietileno Alta Densidad (PEHD) por estrato socioeconómico. B. Bajo, M. Medio, A. Alto.**

Al interpretar la figura 3 producto del corrimiento del ANOVA no paramétrico se percató que el estrato alto esta presentando mayor cantidad de HDPE con respecto a los otros dos estratos ( $P < 0.05$  para  $x^2$ ) de acuerdo con los resultados obtenidos. Estadísticamente hay diferencia significativa en los estratos, respecto a la generación de Polietileno.

## 2. Polipropileno (PP)

Por sus propiedades físicas y químicas del polipropileno lo hace un material muy resistente dentro del grupo de los plásticos, catalogado con el número 5. En el análisis de generación este material fue encontrado como envoltura de aparatos electrodomésticos debido a su gran estabilidad, como estuche de cintas y fibras para limpieza específicamente.

Como lo muestra la figura 4, producto del análisis no paramétrico, el polipropileno se concentra más en el estrato alto  $P < 0.05$  para  $x^2$ ); debido a la relación existente entre el consumo y el ingreso.

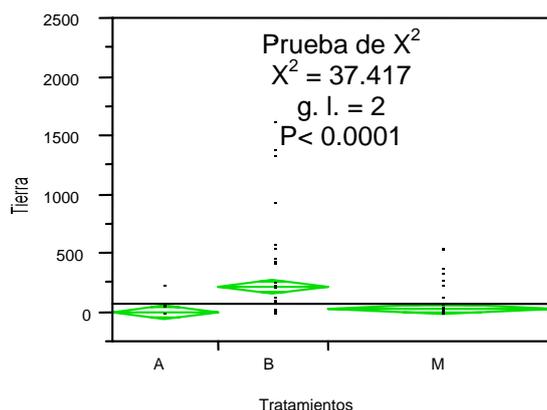


**Figura 4. Representación Gráfica de la producción de Polipropileno (PP) por estrato socioeconómico. B. Bajo, M. Medio, A. Alto.**

La prueba estadística no paramétrica permite observar que hay diferencia en generación del estrato alto conforme a los demás ( $P < 0.05$  para  $\chi^2$ ). Actualmente esta aumentando la importancia del polipropileno debido a que grandes industrias lo utilizan como envoltura de frituras o alimentos chatarra lo que ha elevado su producción dentro del mercado. Este patrón de incremento se ve reflejado en los estratos altos quienes obtienen más cantidad de recursos económicos y por lo tanto, mayor poder de adquisición.

### 3. Tierra

Como lo muestra el análisis no paramétrico dentro de este rubro, la mayor generación está representada en el estrato bajo, debido a que la mayoría de las viviendas estaba experimentando un proceso de urbanización (Buenrostro, 2000), aunado a los bajos márgenes de ingreso en las cuales muchas casas se encontraba ya habitadas pero en obra negra y sin piso y que contaban con ciertos espacios que se utilizaban como traspatios o jardines.



**Figura 5. Representación Gráfica de la producción de Tierra por estrato socioeconómico. B. Bajo, M. Medio, A. Alto.**

**d) Análisis de Varianza Multivariado (MANOVA)**

El cuadro 9 muestra los resultados del MANOVA. Los resultados de este análisis muestran que la generación de residuos sólidos sí presentan una **diferencia estadísticamente significativa** por estrato socioeconómico ( $P < 0.05$ ).

**Cuadro No. 9. Resultados del MANOVA**

Prueba	Valor	Approx. F	DF Num	DF Den	Probab > F
Wilks' Lambda	0.8009365	5.2117	10	444	<.0001
Pillai's Trace	0.2039219	5.0638	10	446	<.0001
Hotelling-Lawley	0.2424725	5.3586	10	442	<.0001
Roy's Max Root	0.2141466	9.5509	5	223	<.0001

**e) Análisis estadístico de la relación entre los subproductos y las variables socioeconómicas**

El objetivo de realizar este análisis era conocer si existía una relación entre la generación y el ámbito socioeconómico. En el cuadro 10 se presentan las variables socioeconómicas que fueron utilizadas en el análisis de componentes principales para determinar la posible relación.

**Cuadro No.10. Variables Socioeconómicas tomadas en consideración para el ACP**

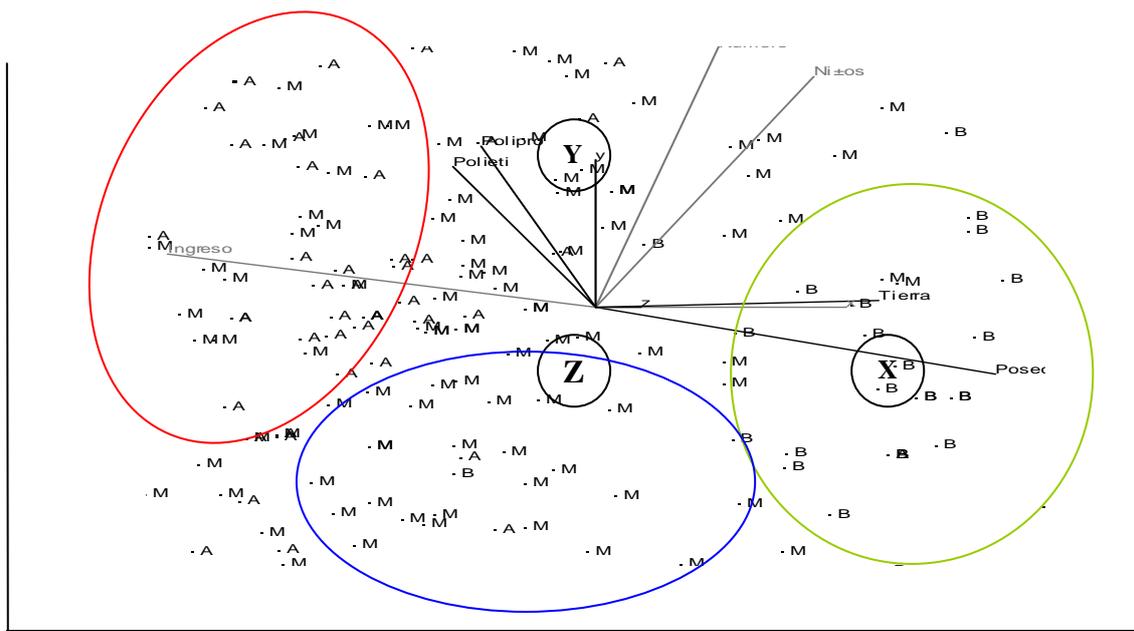
<b>VARIABLES</b>
Número de habitantes
Adultos
Niños
Posesión de Automóvil
Régimen de propiedad de la vivienda
Ingreso mensual
Escolaridad del jefe de familia
Mujeres
Hombres

De nueve variables socioeconómicas analizadas, sólo tres mostraron relación con la producción de residuos. En el cuadro 11 se observan las variables resultantes producto del análisis del ACP en la relación de la variable socioeconómica y la producción de residuos.

**Cuadro No. 11. Variables que caracterizaron la composición de 1998**

<b>Variables socioeconómicas</b>	<b>Subproductos</b>
Número de habitantes	Polietileno alta densidad (PEHD)
Niños	Polipropileno (PP)
Posesión de automóvil	Tierra
Ingreso mensual	
Escolaridad del jefe de familia	

Para conocer la relación existente entre las variables socioeconómicas y los subproductos que presentaban diferencias en generación; fue necesario basar la relación mediante la ayuda de algún parámetro estadístico; en este caso, con un Análisis de Componentes Principales el cual arrojó los resultados que se presentan en la figura 6.

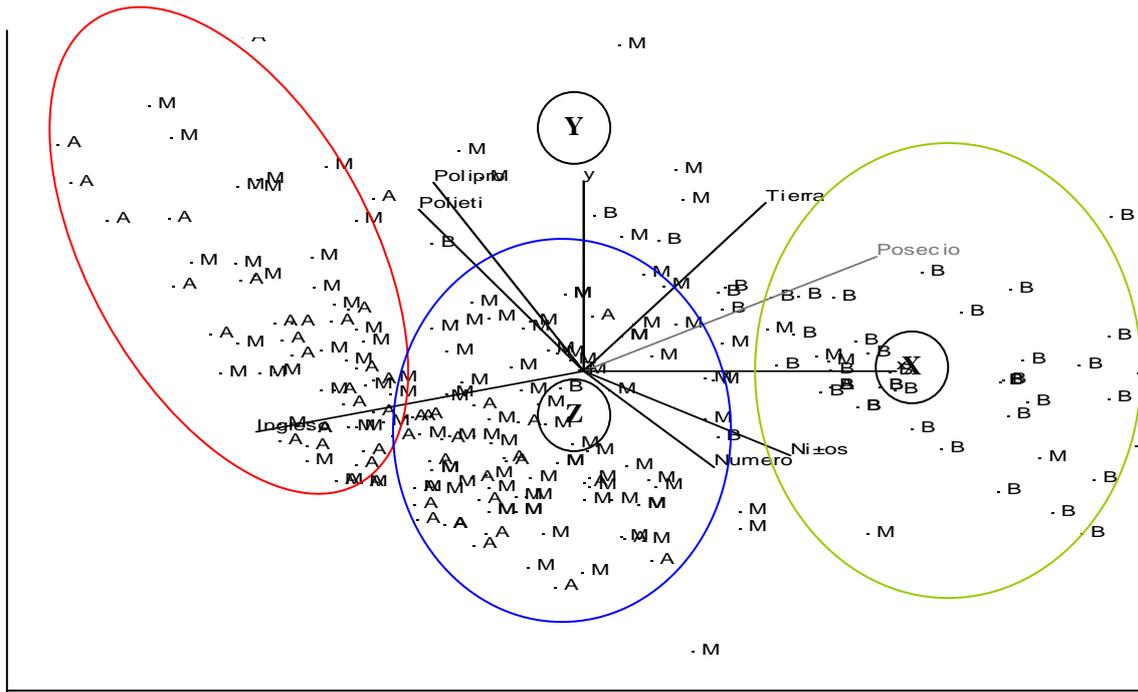


**Figura 6. Diagrama de Ordenación de Variables Socioeconómicas y de Residuos que caracterizan a los estratos (1998). Caso 1.**

En este caso el eje de las “X” representa el Componente Principal 1; el eje “Y” el Componente Principal 2 y el eje “Z” el Componente Principal 3. Las letras B, M y A significan Bajo, Medio y Alto respectivamente.

Tomando en consideración los datos del diagrama, se presenta una serie de círculos que indican el comportamiento de los estratos frente a las variables socioeconómicas. En este caso los resultados permiten explicar que existen productos que tienen mayor producción en cierto estrato y bajo la premisa de tener una variable socioeconómica que lo está caracterizando respecto a los demás.

Por otro lado, un cambio en la numeración de los Componentes Principales permite explicar los resultados de la relación existente entre la producción con los patrones socioeconómicos, es el caso de la figura 7 en donde el eje de las “X” representa el Componente Principal 1, “Z” el Componente Principal 2 y “Y” el Componente Principal numero 3.



**Figura 7. Diagrama de Ordenación de Variables Socioeconómicas y de Residuos que caracterizan a los estratos (1998). Caso 2.**

Al igual que el otro esquema; este también presenta una clara influencia de las variables socioeconómicas con respecto a la producción de residuos de los estratos socioeconómicos bajo estudio. El estrato bajo, presenta cierta relación a la producción de tierra y el número de hijos, así como a la baja relación que guardan con la no posesión de automóvil.

**f) Mapas de distribución potencial**

**g) análisis espacial de la generación de RS con los SIG**

En el caso del año de 1998 no se llevó a cabo el análisis espacial pues los datos de la encuesta se manejaron de manera general y no arrojaban datos considerables como para poder espacializarlos, además de que no se contaba con información disponible pues la que se tiene corresponde a la del año 2000, intermedia entre los dos años, fue por ello que se decidió incluirla dentro del año 2004.

## **Caracterización de subproductos para el 2004**

### **a) Análisis de correspondencia**

Respecto al análisis de correspondencia efectuado para el 2004, los resultados permitieron identificar que las muestras se comportan de acuerdo con el estrato socioeconómico en el cual fueron tomadas. Al igual que el cuadro correspondiente a 1998, en este caso los números en paréntesis indican el porcentaje de acierto en la predicción de las muestras con respecto al comportamiento observado en cada estrato. En el estrato alto se presenta un porcentaje de 65.63 % de relación entre las variables socioeconómicas y los datos arrojados en la caracterización (42 de las 64 muestras presentan esta relación). En el caso del estrato bajo 55 de las 75 muestras corresponden a éste de acuerdo con sus patrones de generación, lo que equivale al 73.33 %. Por último se encuentra el estrato medio con un número de muestras de 66 de las 127 analizadas, que corresponde a un 51.97 %. El cuadro 12 presenta esta relación de predicción.

**Cuadro No. 12. Análisis de correspondencia para el 2004**

<b>Estrato/Columna %</b>	<b>Bajo</b>	<b>Medio</b>	<b>Alto</b>	<b>Total</b>
<b>B</b>	<b>55 (73.33)</b>	15 (20)	6 (5.67)	75
<b>M</b>	33 (25.98)	<b>66 (51.97)</b>	28 (22.05)	127
<b>A</b>	6 (9.38)	16 (25)	<b>42 (65.63)</b>	64
<b>Total</b>	94	97	75	<b>266</b>
Prueba	Chi Cuadrada		Probabilidad > Chi Cuadrada	
Distribución de Probabilidad f	103.518		<b>&lt;.0001</b>	
Pearson	108.076		<b>&lt;.0001</b>	

### **b) Análisis de Componentes Principales (ACP)**

Con este análisis se hizo la reducción de los productos que no presentaban diferencia estadística entre cada estrato. El cuadro 13 presenta el comportamiento en la generación de RS en el 2004 así como aquellos subproductos que están caracterizando a cada uno.

**Cuadro No. 13. Subproductos que mostraron diferenciación por estrato socioeconómico después del ACP para el 2004 (gramos peso fresco)**

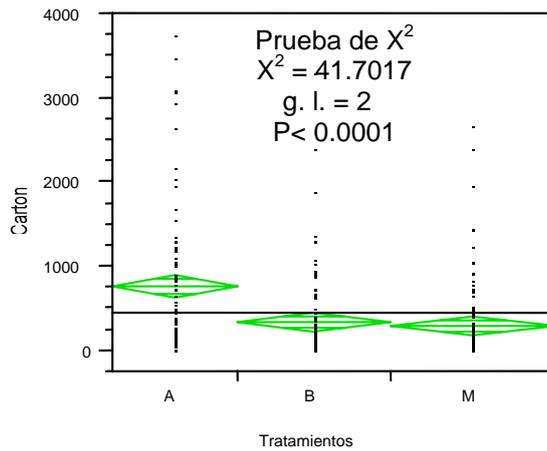
<b>Producción Total por Semana (gramos)</b>			
<b>Subproducto</b>	<b>Estrato Bajo</b>	<b>Estrato Medio</b>	<b>Estrato Alto</b>
Cartón	43639	50307	76722
Material No Separable	25200	9145	5667
Loza y Cerámica	5892	4825	2073
Papel	39461	65133	92365
Bolsa de Película	46885	37698	34716
PET	31875	33024	41987
Trapo	18116	11921	8997
Vidrio de Color	2799	18464	8319

### **c) Análisis Univariado**

Los resultados de la prueba paramétrica explican que los subproductos no experimentan una distribución normal; por lo tanto se realizó un análisis no paramétrico. Al analizar las muestras seleccionadas por separado se observó que todas ellas presentaron diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0.05$  para  $\chi^2$ ). Estas se evaluaron con la prueba no paramétrica de Wilcoxon/Kruskal - Wallis como a continuación se muestra.

#### **1. Cartón**

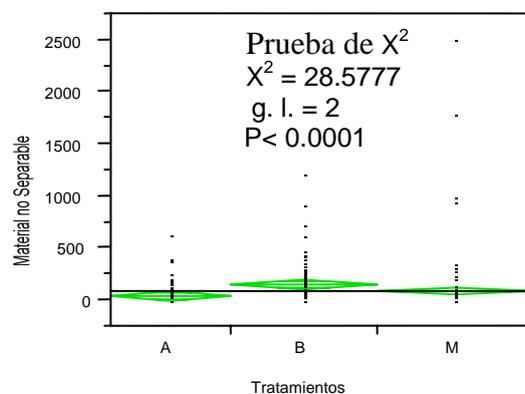
El análisis de Wilcoxon/Kruskal-Wallis arroja que sí hay diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0.05$  para  $\chi^2$ ) entre los estratos respecto a la producción de cartón. En este caso el estrato alto está presentando mayor cantidad de cartón respecto a los otros dos estratos por la compra de manera regular de artículos voluminosos como muebles, lámparas, electrodomésticos como estéreos o televisores y productos de línea blanca en los que se utiliza al cartón para empaquetar los productos.



**Figura 8. Representación Gráfica de la producción de Cartón por estrato socioeconómico. B. Bajo, M. Medio, A. Alto.**

## 2. Material no separable

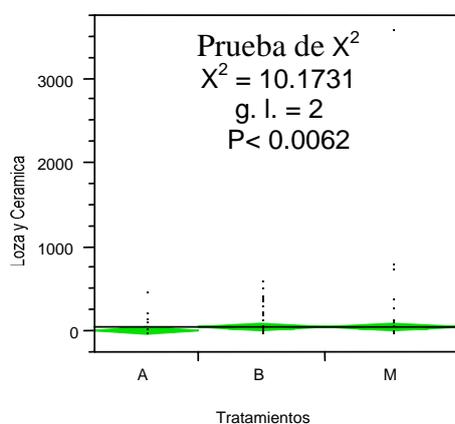
Se le llama material no separable a aquellos residuos que por su grado de deterioro o descomposición (residuos alimenticios); por lo pequeño del material, o simplemente por su mezcla es muy difícil que puedan ser separados y cuantificados. Los resultados arrojan para este rubro una diferencia estadísticamente significativa del estrato bajo respecto al alto y al medio ( $P < 0.05$  para  $\chi^2$ ). La diferencia radica en que los estratos bajos tardan un poco más en tirar sus residuos debido a la falta de un servicio de recolección diario, por la accesibilidad a zonas de riesgo o por la falta de recursos económicos para deshacerse de sus residuos de manera constante.



**Figura 9. Representación Gráfica de la producción de Material no Separable por estrato socioeconómico. B. Bajo, M. Medio, A. Alto.**

### 3. Loza y Cerámica

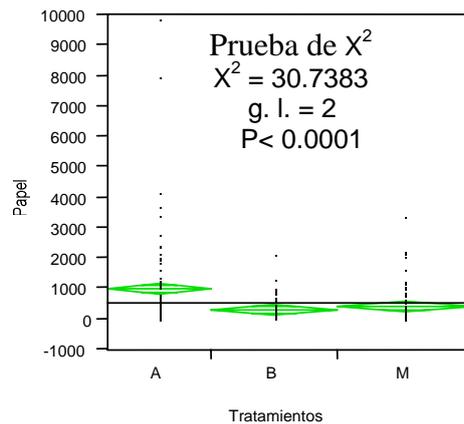
Este rubro se refiere a aquellos residuos de materiales de loza de cocina y ornamentales principalmente. A pesar de que la figura 10 no muestra prácticamente una diferencia en los tres estratos; la prueba de Kruskal-Wallis nos dice que estadísticamente hay diferencia significativa en los estratos ( $P < 0.05$  para  $\chi^2$ ), en la cual muestra que es el estrato medio el que produce más residuos de este tipo.



**Figura 10. Representación Gráfica de la producción de Loza y Cerámica por estrato socioeconómico. B. Bajo, M. Medio, A. Alto.**

### 4. Papel

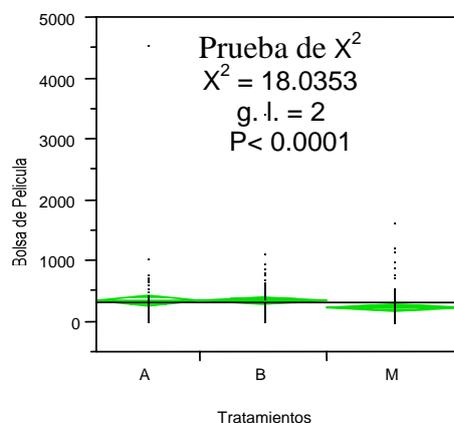
Este material representa de forma clara la diferencia estadística en los estratos ( $P < 0.05$  para  $\chi^2$ ). La figura 11 muestra que consume más papel el estrato alto por el nivel educativo en el que se encuentra cada categoría. Estos resultados sugieren que en el estrato bajo es más limitado el nivel de estudios, debido a que la mayoría de los jóvenes migran a otros lados, comienzan a trabajar a temprana edad, o no existen los recursos para seguir estudiando; la población estudiantil del estrato alto en su formación académica constantemente estuvo utilizando papel de todo tipo para la elaboración de sus trabajos escolares.



**Figura 11. Representación Gráfica de la producción de Papel por estrato socioeconómico. B. Bajo, M. Medio, A. Alto.**

## 5. Bolsa de Película

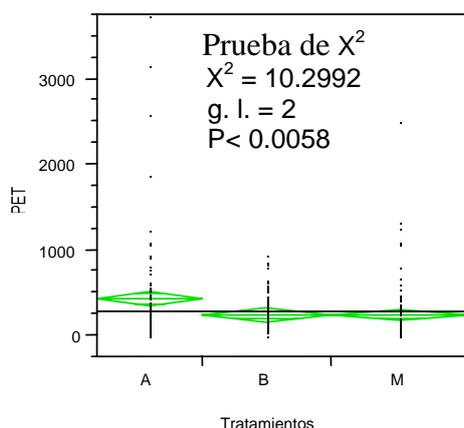
La bolsa de película se refiere a la bolsa de polietileno que se entrega al momento de hacer alguna compra en cualquier establecimiento, que van desde pequeños comercios hasta los grandes centros comerciales. Estadísticamente para este rubro si hay diferencia significativa ( $P < 0.05$  para  $\chi^2$ ). Mediante la interpretación de la figura 12, se aprecia que el estrato bajo desecha más bolsa debido a su patrón de adquisición. La mayoría de la gente adquiere sus productos en tianguis o pequeños comercios en los que por cada compra se proporciona una bolsa, patrón que no ocurre en los grandes establecimientos a los que acuden con mayor regularidad los estratos medios y altos.



**Figura 12. Representación Gráfica de la producción de Bolsa de Película por estrato socioeconómico. B. Bajo, M. Medio, A. Alto.**

## 6. Tereftalato de Polietileno (PET)

El PET catalogado con el número 1 es otro de los materiales plásticos reciclables que se utiliza mucho en la industria como envase de bebidas o productos de limpieza, productos alimenticios o en películas fotográficas. Estadísticamente hay diferencia significativa en los estratos ( $P < 0.05$  para  $\chi^2$ ). Se atribuye que el estrato alto presente mayor grado de consumo por la mercadotecnia existente en los medios publicitarios. La población de los estratos altos consume mayor cantidad de productos cuyo recipiente es el PET por la tendencia a estar más en contacto con los medios de comunicación que publicitan gran cantidad de nuevos productos que salen al mercado. Las industrias en la actualidad utilizan el Tereftalato de Polietileno por su bajo costo de fabricación, fácil manejo y por que atiende a las demandas impuestas por parte de las demarcaciones ambientales sobre alteración del medio.

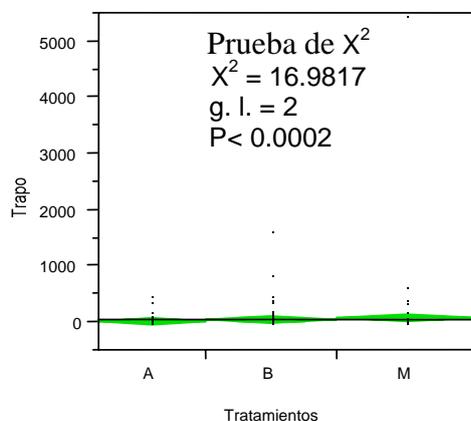


**Figura 13. Representación Gráfica de la producción de Polietileno Tereftalato (PET) por estrato socioeconómico. B. Bajo, M. Medio, A. Alto.**

## 7. Trapo

Esta variable se refiere a la ropa deteriorada y al material destinado a la limpieza. Experimenta una diferencia estadísticamente significativa en los estratos ( $P < 0.05$  para  $\chi^2$ ). Mediante el análisis de las medias pudimos observar que es el estrato bajo el que produce más residuos de este tipo debido a que se deja la ropa tan deteriorada que cuando no puede utilizarse más se opta por tirarla

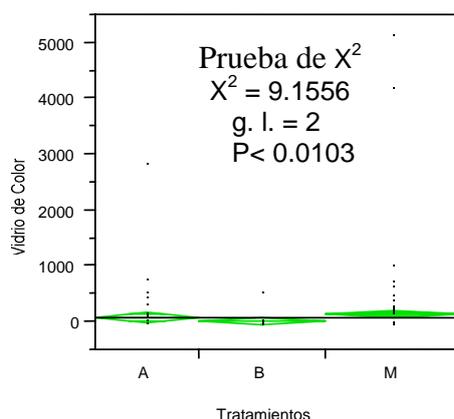
definitivamente. Caso contrario ocurre en estratos medios y altos en los que la ropa se dona a ciertas instituciones o se vende como ropa usada en ciertos sectores de la sociedad, principalmente en los tianguis.



**Figura 14. Representación Gráfica de la producción de Trapo por estrato socioeconómico. B. Bajo, M. Medio, A. Alto.**

## 8. Vidrio de Color

Los recipientes de vidrio para comida y bebida son los que se procesan comúnmente. En el análisis de generación se notó que la composición de vidrio de color se basaba en productos desechables de algunas industrias como la cervecera y la refresquera por ejemplo.



**Figura 15. Representación Gráfica de la producción de Vidrio de color por estrato socioeconómico. B. Bajo, M. Medio, A. Alto.**

La figura 15 permite observar que estadísticamente hay diferencia en la producción de vidrio de color ( $P < 0.05$  para  $\chi^2$ ). El estrato medio genera más este material que los otros dos

#### **d) Análisis de Varianza Multivariado**

A continuación se muestran los resultados del Análisis Multivariado (MANOVA). Los resultados permiten observar que con la conjunción de los subproductos, éstos presentan un comportamiento que los hace tener diferencia estadísticamente significativa.

**Cuadro No. 14. Resultados del MANOVA**

<b>Prueba</b>	<b>Valores</b>	<b>Approx. F</b>	<b>DF Num</b>	<b>DF Den</b>	<b>Prob&gt;F</b>
Wilks' Lambda	0.6728158	7.0123	16	512	<b>&lt;.0001</b>
Pillai's Trace	0.3505081	6.8264	16	514	<b>&lt;.0001</b>
Hotelling-Lawley	0.4516248	7.1978	16	510	<b>&lt;.0001</b>
Roy's Max Root	0.3535823	11.3588	8	257	<b>&lt;.0001</b>

Por lo tanto, podemos afirmar que **si hay diferencia estadísticamente significativa** de generación de subproductos en los estratos bajo, medio y alto en función de la clasificación propuesta por INEGI ( $P < 0.05$ ).

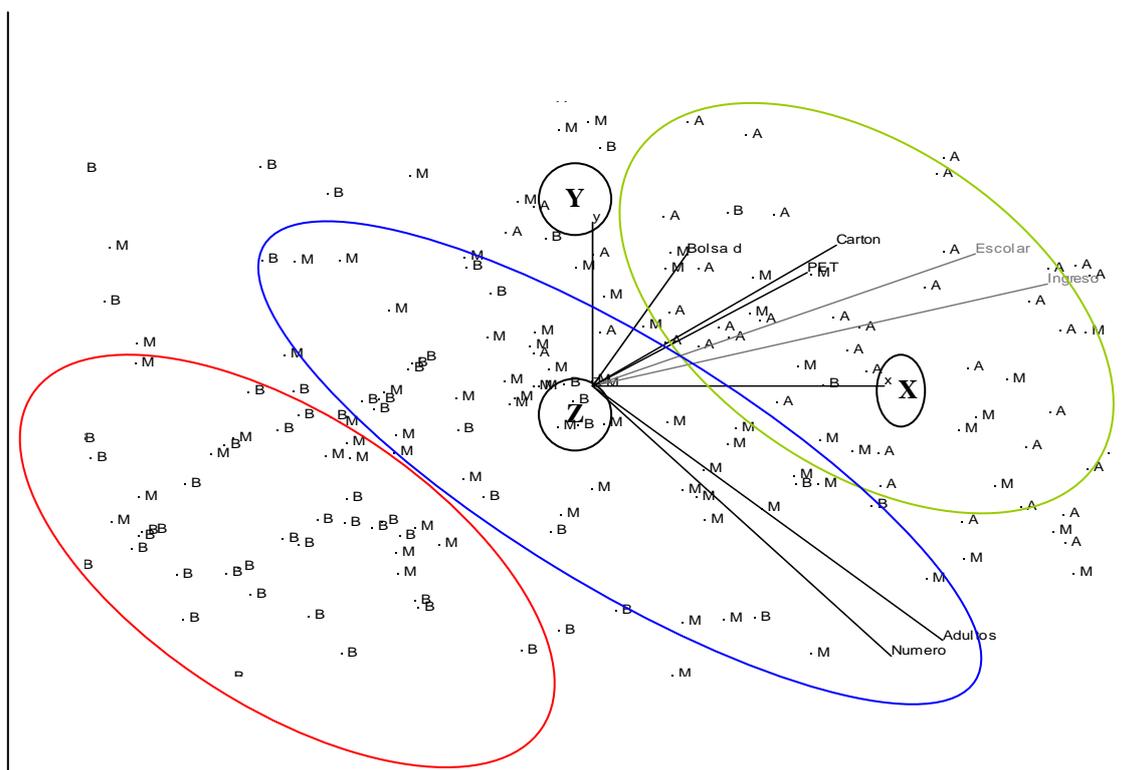
#### **e) Análisis estadístico de la relación entre los subproductos y las variables socioeconómicas**

A continuación se muestra la relación existente entre la producción y las variables socioeconómicas analizadas en el muestreo, con respecto a los datos del 2004, el cuadro 15 muestra los resultados de las variables significativas al análisis.

**Cuadro No. 15. Variables que caracterizan la composición del 2004**

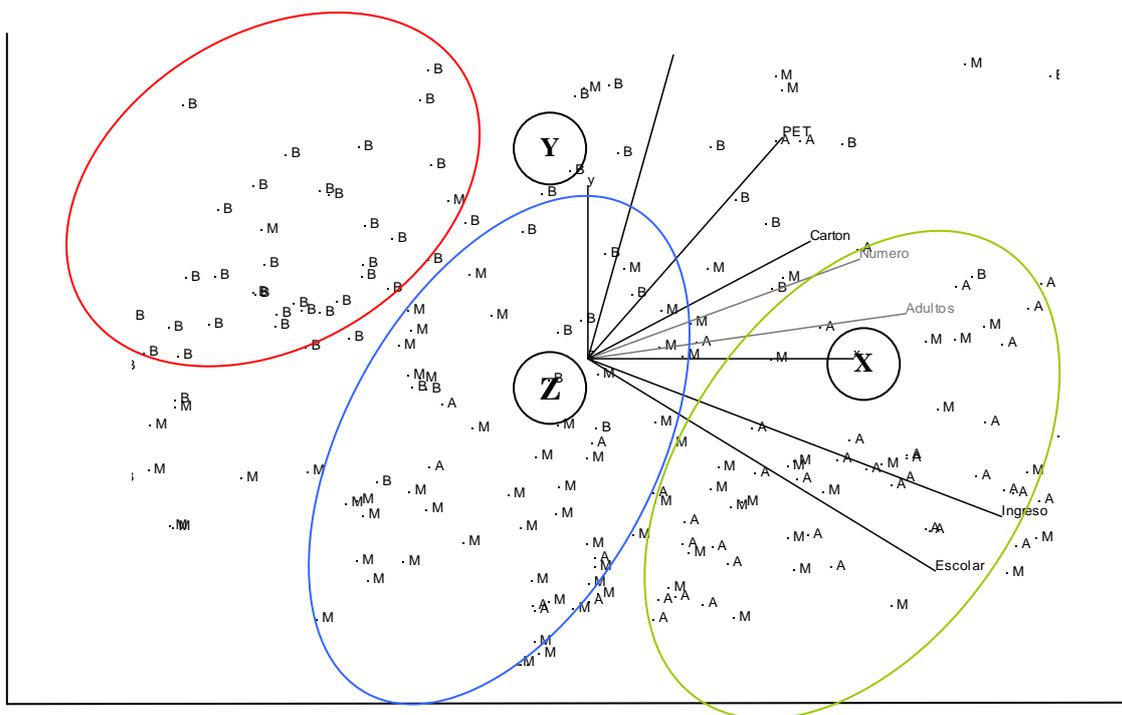
Variables socioeconómicas	Subproductos
Numero de habitantes	Cartón
Adultos	Bolsa de película
Ingreso mensual	PET
Escolaridad	

La figura 16 presenta la relación entre parámetros para el 2004; con ayuda de los diagramas que arroja el análisis de componentes principales del programa estadístico JMP. Al igual que en los resultados para 1998, las figuras presentan 3 círculos que indican el comportamiento de los estratos frente a las variables socioeconómicas. Los resultados se muestran a continuación:



**Figura 16. Diagrama de Ordenación de Variables Socioeconómicas y de Residuos que caracterizan a los estratos (2004). Caso 1.**

Por otro lado, La figura 17 permite observar el comportamiento de la relación entre variables cuando se da un cambio de componente principal. En este caso, el eje de las “X” se grafica como Componente Principal 1, “Z” como el Componente Principal 2, y “Y” que actúa como Componente Principal numero 3 para observar mejor la relación con respecto al eje x.



**Figura 17. Diagrama de Ordenación de Variables Socioeconómicas y de Residuos que caracterizan a los estratos (2004). Caso 2.**

#### **f) Mapas de distribución potencial de los estratos**

Dentro de las variables socioeconómicas, las que más caracterizaron a los estratos son las correspondientes a la población económicamente activa, servicios básicos y salario. Para el estrato **bajo** el parámetro principal fue el considerar un número menor o igual a 200 personas económicamente activas o aquella población menor o igual a 200 que no cuenta con drenaje. En el caso del estrato **medio** se consideró aquella población económicamente activa mayor o igual a 200 y con un salario mayor a 5 salarios mínimos. No es clara la diferenciación del estrato alto por lo que se imposibilitó el realizar una interpretación mediante un mapa de su inferencia en la ciudad.

## g) Análisis espacial de generación de RS con los SIG

A continuación se presentan los mapas que representan la generación de subproductos que caracterizan a cada estrato dentro de los AGEBs para el año de 2004. El aumento en la intensidad de colores refleja la relación existente entre las variables y los estratos. En primer lugar se citan los mapas que corresponden a los AGEBs cuyos subproductos caracterizan al estrato bajo y así sucesivamente en orden de secuencia.

### ESTRATO BAJO

#### Material no Separable

El material no separable se concentra en las periferias de la ciudad en donde las condiciones de vida y grado de marginación no permiten una recolección de residuos adecuada, ni una separación adecuada de estos por lo que los encontramos de manera muy mezclada. El mapa de la figura de 18 muestra los AGEBs que posiblemente se comporten de acuerdo a las condiciones de generación del estrato bajo.

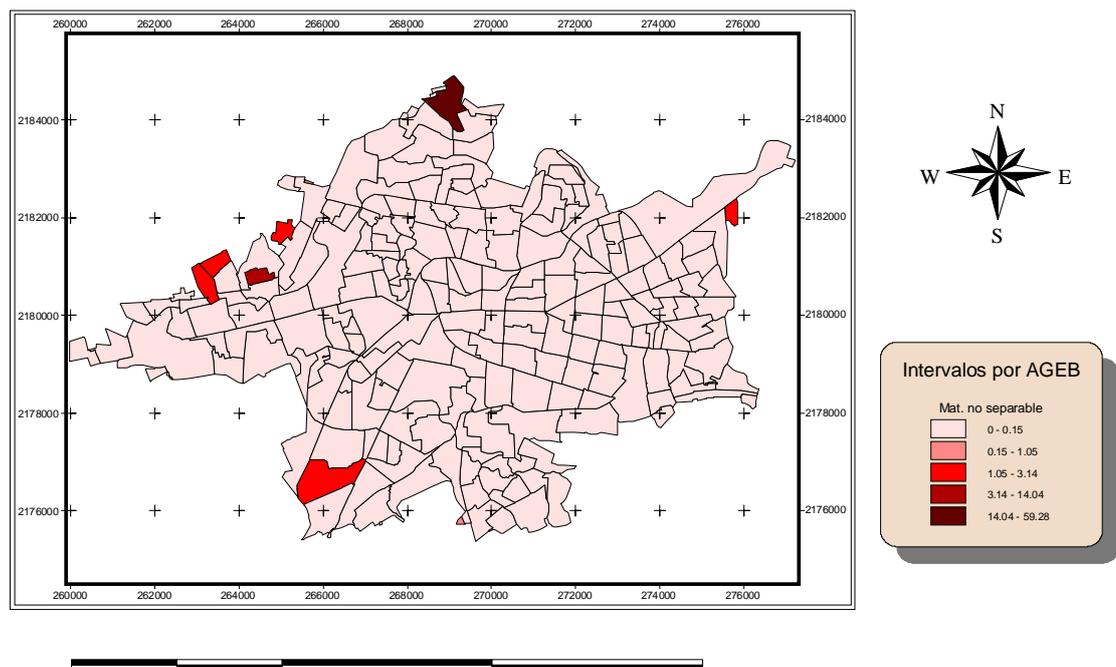
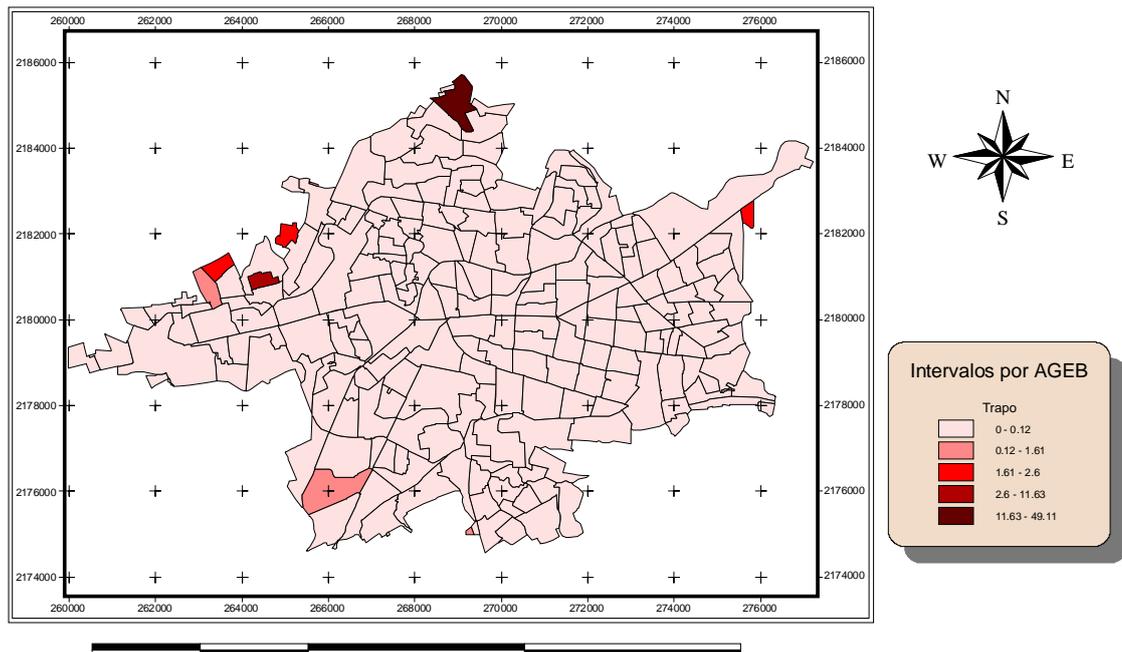


FIGURA 18. MAPA DE GENERACIÓN DE MATERIAL NO SEPARABLE

## Trapo

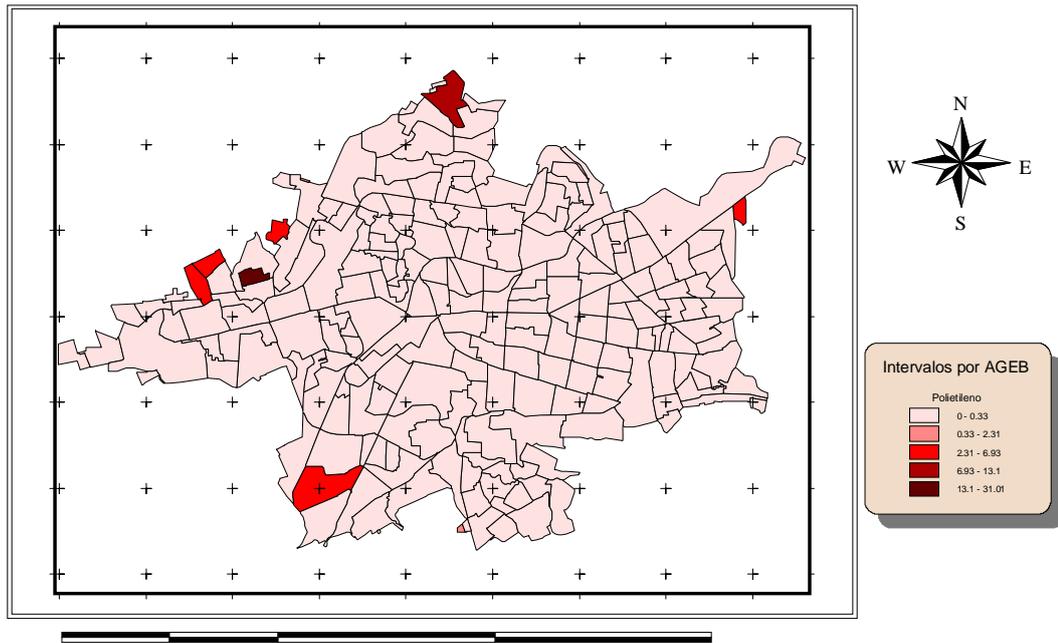
El trapo es característico del estrato bajo por su alto grado de utilización debido a los costos que implica el obtener prendas nuevas por parte de las personas de bajos recursos económicos. La figura 19 muestra patrones similares en la generación dentro de los AGEBS con respecto a la producción de material no separable.



**FIGURA 19. MAPA DE GENERACIÓN DE TRAPO**

## Bolsa de película

Este subproducto es el más representativo debido a la alta cantidad de producción dentro del estrato bajo. El consumo de este producto obedece a los patrones de consumo ya que es más factible consumir en lugares cercanos como los tianguis o tiendas de abarrotes que están cerca de sus viviendas a hacerlo en tiendas departamentales donde el precio puede variar un poco más a sus posibilidades adquisitivas. La figura 20, muestra como este subproducto se concentran en los cuatro extremos de la ciudad en los lugares más apartados.



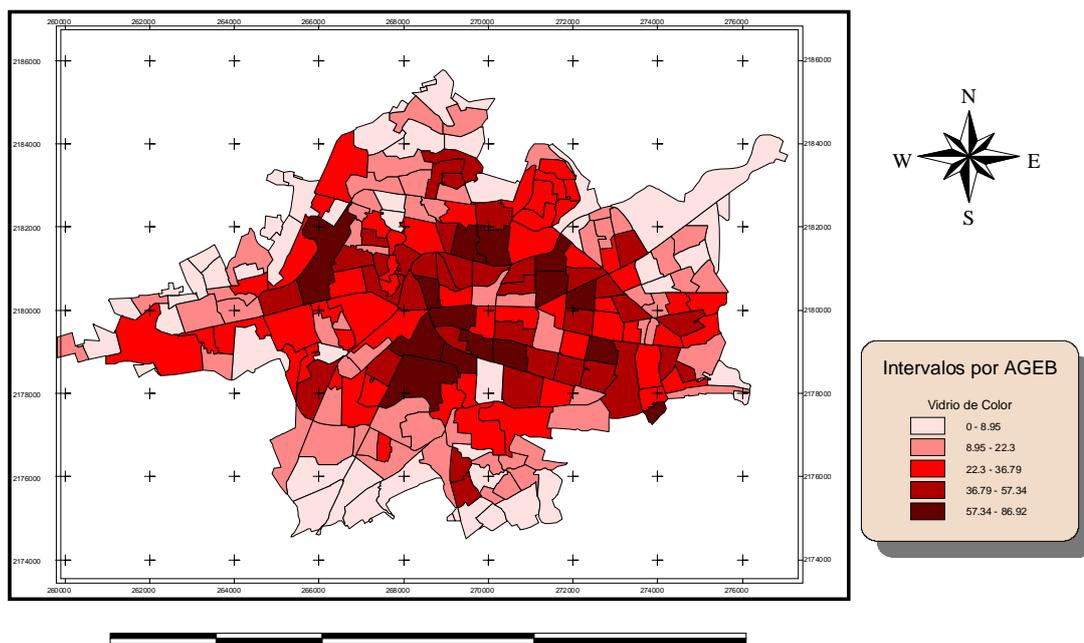
**FIGURA 20. MAPA DE GENERACIÓN DE BOLSA DE PELICULA**

A continuación se presentan los mapas que corresponden a los AGEBs cuyos subproductos caracterizan al estrato medio

## **ESTRATO MEDIO**

### **Vidrio de color**

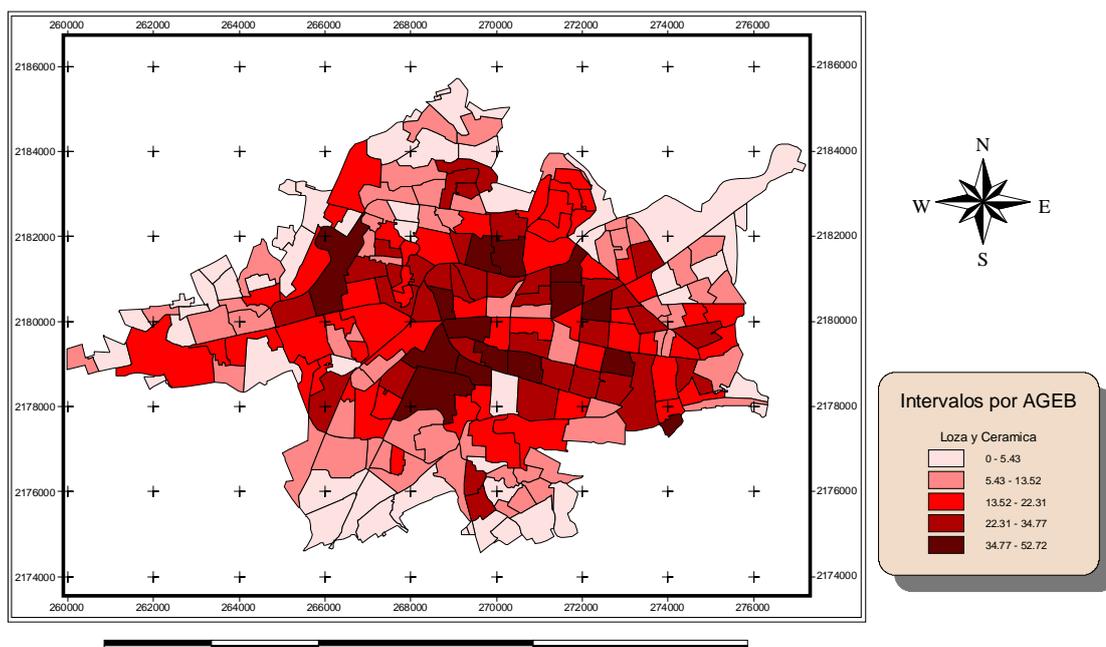
El vidrio de color tiene su mayor relevancia dentro del estrato medio cuyo mayor grado de incidencias se concentra en el centro de la ciudad. El mapa de la figura 21 permite observar como se distribuye la producción de vidrio teniendo su menor relevancia en las periferias y aumentando en orden progresivo conforme se avanza hacia el centro de la ciudad.



**FIGURA 21. MAPA DE GENERACIÓN DE VIDRIO DE COLOR**

### Loza y cerámica

Este tipo de subproducto muestra una relación directa a los patrones de generación del vidrio de color. La figura 22 se muestra a continuación:

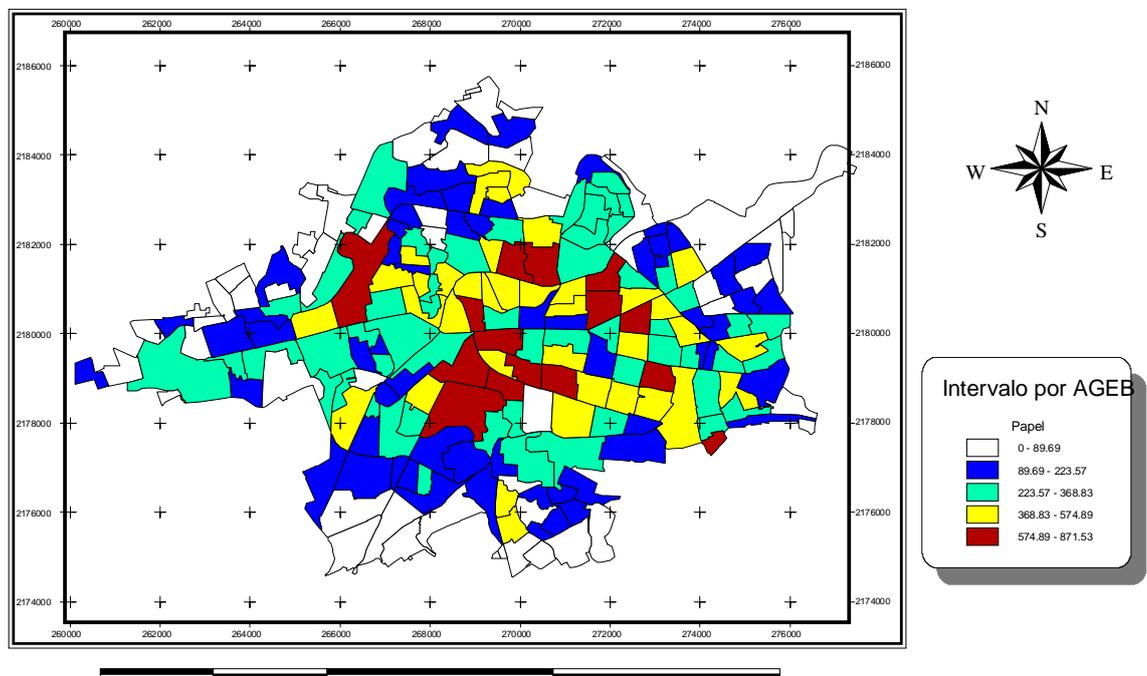


**FIGURA 22. MAPA DE GENERACIÓN DE LOZA Y CERAMICA**

Para efectos del estudio, se elaboraron los mapas de generación de subproductos que caracterizaban al estrato alto en los análisis estadísticos, aunque habrá que hacer notar que con ayuda de los mapas de distribución potencial se descubrió que el estrato alto no caracteriza una porción de la ciudad si no que se encuentra a manera de manchas puntuales registrado solamente en algunos pequeños fraccionamientos a casas particulares. Por tal razón, se tuvo que considerar en una variante del estrato medio pues es que el predomina en la mayor parte de la Morelia.

## Papel

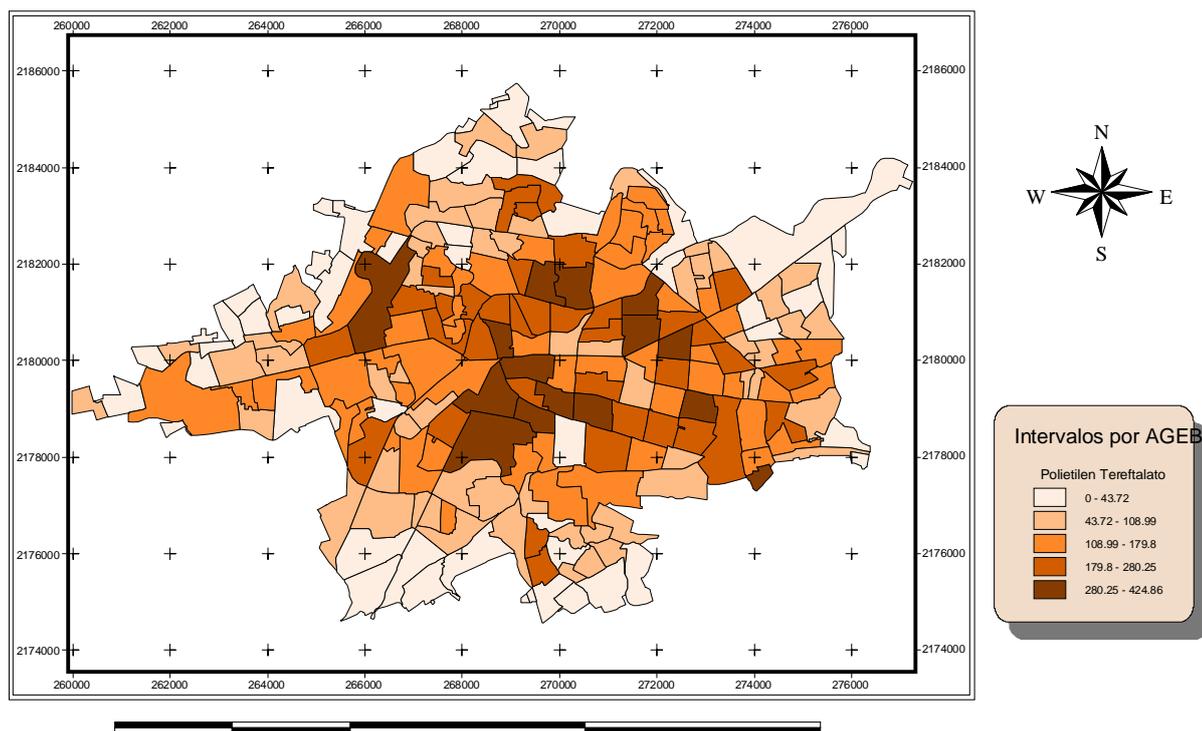
El papel se consideró dentro de la una variante del estrato medio en estrato medio alto pues no hay una clara diferenciación entre ellos. La figura 23 muestra una relación en la cual los AGEBS centrales son los que producen mayor cantidad de papel. Esto se demuestra en la intensidad de los colores; en los cuales, el color más fuerte es que presenta mayor generación.



**FIGURA 23. MAPA DE GENERACIÓN DE PAPEL PARA EL ESTRATO MEDIO ALTO**

## Tereftalato de Polietileno (PET)

La figura 24 muestra la producción de PET dentro de la ciudad; esta manifiesta una inclinación a su establecimiento en el centro de la ciudad. El mapa permite observar como este subproducto experimenta estándares similares a los demás subproductos del estrato medio.

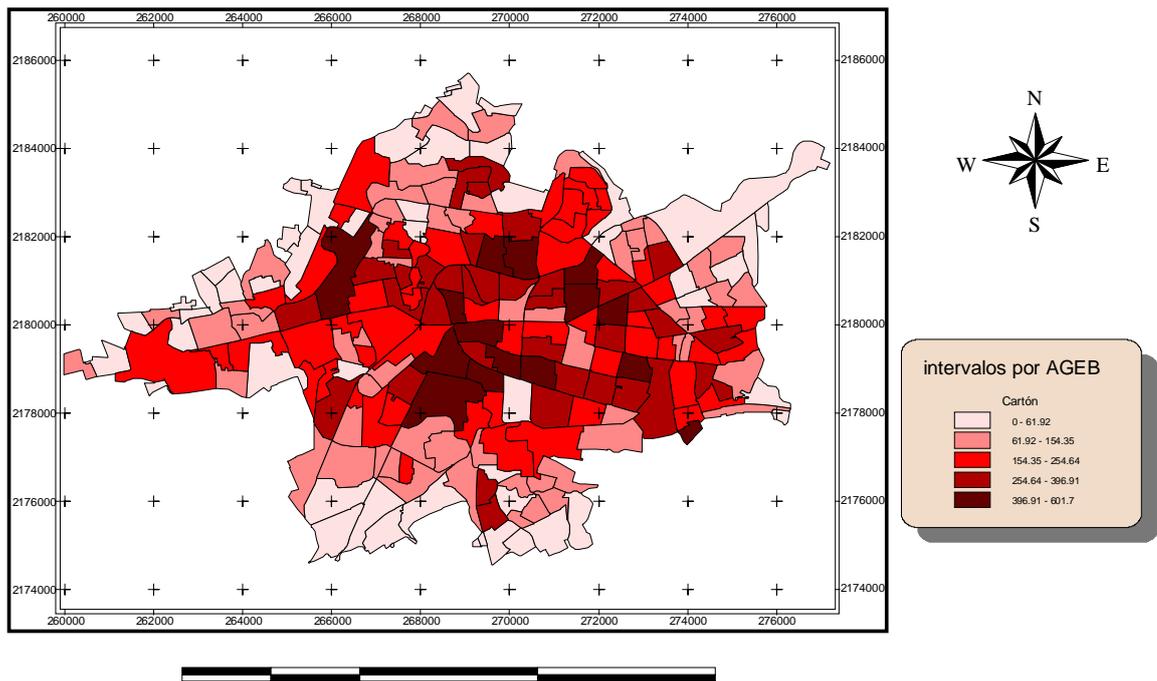


**FIGURA 24. MAPA DE GENERACIÓN DE PET PARA EL ESTRATO MEDIO ALTO**

Al momento de realizar los mapas del estrato bajo y medio, se efectuó una separación de estratos, asignando los valores de densidad de población del AGEB para cada estrato, por lo tanto; se percató que la generación se relaciona directamente con el tamaño de la población y que ésta influye directamente en el comportamiento de la producción de subproductos. Esto también se observa con la producción de cartón.

## Cartón

La figura 25 muestra la distribución en la generación de cartón en cada uno de los AGEBs. Como se observa, existe una distribución heterogénea de cartón a lo largo de toda la ciudad, teniendo su máxima producción en el centro de la ciudad, en donde se concentran las grandes tiendas departamentales y de servicios.



**FIGURA 25. MAPA DE GENERACIÓN DE CARTÓN PARA EL ESTRATO MEDIO ALTO**

## Caracterización de los RS

Con los datos que arrojó el estudio fue posible conocer el patrón que experimenta la composición de los RS en los estratos socioeconómicos. El cuadro 16 nos indica cuales son las variables que se caracterizan a cada estrato.

**Cuadro No. 16. Residuos que caracterizan a cada estrato.**

SUBPRODUCTOS		
ESTRATO	PARA 1998	PARA 2004
<b>Bajo</b>	Tierra	Material no Separable Bolsa de Película Trapo
<b>Medio</b>	Aluminio	Loza y Cerámica Vidrio de Color
<b>Alto</b>	Polietileno alta densidad Polipropileno Papel celofán	Cartón Papel PET

La tierra representa una mayor proporción en el estrato bajo en 1998, el aluminio en el estrato medio y los materiales derivados de los hidrocarburos para el estrato alto; por otra parte, el material no separable, bolsa de película y trapo se caracterizan por su significancia en el estrato bajo para el 2004, la loza, cerámica y vidrio de color para el medio y el cartón, papel y PET para el alto.

## XI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación se hace una discusión de los análisis estadísticos y los subproductos que caracterizaron la generación para los dos periodos de análisis, así como un planteamiento de los resultados de los SIG para el 2004.

### ***Análisis estadístico para 1998 y 2004***

Los resultados de generación permiten observar que en los dos periodos de análisis se tienen diferencias entre los estratos. Para efectuar el análisis de cuantificación era necesario conocer primeramente si las muestras caracterizaban a cada estrato. En primera instancia se catalogaron las muestras por medio de la observación; posteriormente, se utilizó el programa estadístico JMP para realizar un análisis de correspondencia, cuyo fin consistió en conocer si las muestras correspondían a un estrato en específico así como el determinar el grado de relación o dependencia existente entre las variables. De no ser así, las muestras se reclasificarían de acuerdo con los criterios de INEGI y de la encuesta para poder definir a que estrato pertenecían.

Previo al análisis de los subproductos se realizó un Análisis de Componentes Principales el cual es un procedimiento que transforma un conjunto de datos o de variables de respuesta probablemente correlacionados, en un conjunto de variables no correlacionadas; o dicho de otra manera, permite obtener a los subproductos que presentan diferencias entre los estratos disminuyendo significativamente la cantidad de variables con respecto a las originales. Estos resultados fueron importantes para establecer la relación entre las variables de subproductos resultantes con las variables socioeconómicas consideradas para el muestreo.

Posteriormente, para poder observar cuales eran los subproductos que tenían diferencias estadísticamente significativas entre sí y conocer la diferencia de generación entre los estratos, se trabajó con la prueba no paramétrica de Análisis de Varianza de Wilcoxon/ Kruskal Wallis. Para el caso del análisis de composición, esta prueba permitió responder los siguientes cuestionamientos: 1)

Qué patrón de distribución experimenta la composición; 2) en qué consiste (es el mismo tipo de residuos el generado para cada estrato socioeconómico; 3) en qué difiere la composición (habrá algún subproducto que caracterice a cada estrato), entre otros aspectos.

Con base en el análisis estadístico efectuado de las muestras de los años 1998 y 2004, se percató que los subproductos no son los mismos que caracterizan a un periodo de muestreo y a otro. Existen productos que en el periodo de 1998 tenían mayor consumo y que ahora no aparecen de manera significativa. Se atribuyen estos resultados a la creciente urbanización, traducida ésta, en la modificación de los patrones de consumo que implica productos con un mayor nivel de industrialización (Buenrostro *et al.*, 2003).

Una característica distintiva para los dos periodos es el alto grado de subproductos reciclables que mostraron diferencia significativa en los estratos. PEHD, PP, PET, Cartón, Papel, Bolsa de película, y Vidrio de Color son subproductos reciclables que en la actualidad van tomando mayor importancia en la industria de embalaje, envasado y empaquetado.

### ***Caracterización de subproductos para 1998***

#### **Análisis univariado**

El aluminio es un material 100% reciclable con gran aceptación en el mercado; se usa en la industria principalmente en la elaboración de latas, recipientes, marcos de ventanas, puertas o fachadas. Tenía una mayor significancia en la producción para 1998 en el estrato medio, pues se utilizaba de manera constante, hasta el momento en que se comenzaron a utilizar otro tipo de materiales como los plásticos. Debido a los altos costos que implica su transformación y pese a que se abarata con la utilización de productos reciclables, está siendo sustituido por el Tereftalato de Polietileno (PET) que es un producto más fácil y menos costoso de manejar y que aunado a esto también es un producto reciclable (Tchobanoglous, 1992).

Los plásticos como el Polietileno Alta Densidad, Polipropileno, Bolsa de Película o Tereftalato de Polietileno representan hoy en día un inmenso grupo que se distingue casi en su totalidad, por el hecho de ser desarrollados por el hombre. Son polímeros formados por grandes macromoléculas sintéticas capaces de moldearse y reutilizarse debido a su gran potencia calorífica en otras formas según el requerimiento que se desee (Torres, 2006). Los resultados muestran un porcentaje considerable de consumo de estas variables producto de su entrada al mercado consumible a finales de los noventas. Desafortunadamente, por las características de resistencia son muy difíciles de degradarse dentro de los sitios de disposición por lo que se sugiere que sean separados previamente (Kiely, 2000).

Respecto a la generación de plásticos, se observa que en 1998 se producían con mayor significancia el Polietileno Alta Densidad y Polipropileno y para el 2004 Bolsa de película y Tereftalato de Polietileno. La diferencia de utilización de un periodo a otro son las técnicas de procesamiento que se utilizan en la actualidad y los costos que implica. Aunque el polipropileno se utiliza en mayor proporción en la actualidad en la industria de los alimentos chatarra, el volumen que ocupa el Polietileno por ejemplo es mayor, por esto la diferencia de uno y otro.

Debido a la creciente transformación de la industria petroquímica, en la actualidad están surgiendo mayor variedad de materiales que no estaban considerados. Esta innovación de productos afecta de manera directa el ambiente y los ecosistemas pues cada vez surgen residuos que son más difíciles de reincorporarse al sistema por su difícil grado de descomposición.

Por otra parte, una característica de los pobladores de los estratos económicos bajos, es la tendencia a establecer colonias irregulares ubicadas en zonas marginadas carentes de servicios básicos como luz, agua, alcantarillado y obras públicas como pavimento o banquetas, además de la posibilidad de tener un determinado espacio utilizado como traspatio cuya cubierta carece de áreas verdes (Buenrostro, 2001). Se atribuye el que exista mayor cantidad de tierra en el estrato bajo debido a que muchas amas de casa tienen la costumbre de barrer el frente de sus casas y su patios, motivo por el cual se concentra gran cantidad

de tierra, misma que es depositada a los servicios de recolección, es el caso de colonias irregulares como la Palma y la Hermosa Provincia.

Es claro pues, que los residuos sólidos experimentan una mayor generación y consumo de acuerdo con el grado en que se requieran para un determinado estrato socioeconómico y que éste a su vez se rija de acuerdo a los patrones de adquisición económica por la que actualmente esta pasando el país y en particular el municipio de Morelia.

### **Análisis de Varianza Multivariado**

Las pruebas no paramétricas se usan cuando se requiere hacer un análisis de datos en los cuales no se presupone conocimiento alguno sobre la forma de la población de la cual proceden las muestras (Devore, 2005). Para conocer si la generación de residuos representaba alguna diferencia entre un estrato y otro, se llevó a cabo una serie de múltiples pruebas estadísticas para poner a prueba la igualdad de las medias muestrales de los estratos socioeconómicos. Los resultados indicaron un porcentaje de significancia acorde para argumentar que los datos fueron confiables al momento de llevar a cabo la investigación de gabinete.

En el caso de las pruebas utilizadas para comparar datos de tres estratos con la misma forma y dispersión, se involucró una asignación de rangos a los datos como lo fue el estrato en el que se encuentran. Resultaría muy complicado el manejar muestras de estratos diferentes de manera separada, es por ello que el programa utilizado resulta muy útil para llevar a cabo trabajos de esta índole en la cual la composición de las muestras de residuos no varían significativamente o no pueden ser observadas a simple vista.

### **Análisis estadístico de la relación entre los subproductos y las variables socioeconómicas**

La relación establecida entre las dos variables en cuestión, observada claramente en los diagramas de ordenación permitió asegurar que la generación de plásticos

más elaborados se relaciona mucho con el ingreso cuya inclinación se da hacia los estratos medio y alto. Esto significa que el mayor consumo de cierto tipo de productos que van a la vanguardia con la mercadotecnia y el envasado, lo consumen las personas que tienen la forma de cómo solventar este tipo de gastos sin verse afectado en su economía. En el caso del estrato bajo, el diagrama permite observar una relación con la tierra, que en cierta medida refleja lo observado, pues muchas de las viviendas no cuentan con los servicios de urbanización básicos, como son el piso en sus viviendas ni en sus calles, además de que muchas viviendas todavía tienen traspatios o solares.

Los estudios de generación para 1998 y 2004 abarcaban un intermedio respecto al último censo elaborado por el INEGI en el año 2000; por lo tanto, la información espacial disponible tendría que corresponder a un solo año fue por ello que se decidió incluirla dentro del año 2004. Aunque en este lapso la ciudad de Morelia ha experimentado muchos cambios, no se contaba con la información suficiente como para poder espacializar la generación para 1998.

### ***Caracterización de subproductos para el 2004***

#### **Análisis univariado**

Los resultados del análisis muestran una clara diferenciación en la producción de residuos a través de los años. Para el año de 2004 son otros los tipos de subproductos que muestran diferencias significativas respecto a los reportados para 1998. El cartón aumenta significativamente su producción para el 2004 en el estrato alto. Entra en razón el factor económico en el que se tiene la tendencia a consumir en mayor proporción productos más costosos como electrodomésticos o artículos de línea blanca o simplemente se compra regularmente en grandes cantidades y es transportado en cajas.

Uno de los principales productos que se reciclan en México es el cartón. Muchas personas comienzan a recolectar cartón en pequeñas tiendas, otras como las cuadrillas que se encargan del servicio de recolección en los vehículos lo separan y por último, los pepenadores que se concentran dentro de los tiraderos también

lo toman en cuenta. Este subproducto es vendido a intermediarios que a su vez lo ofrecen a grandes industrias las cuales le dan distintos usos; principalmente como cartón corrugado, teja negra utilizada en el techo de las casas o como cartón para embalaje.

En el caso del estrato bajo, este se localiza en las periferias de la ciudad y por tal motivo carece de falta de servicios; es por ello que se sugiere que una de las causas por las cuales el estrato produce más residuos no separables se debe a que los sistemas de aseo público no llevan a cabo el sistema de recolección de forma adecuada debido principalmente a que la ciudad de Morelia está experimentando un crecimiento demográfico excesivo, traduciéndose en colonias de tipo irregular, en donde se hace ineficiente el servicio de recolección. Este servicio no es constante en seguir una ruta diaria y trabajan de manera eventual en este tipo de zonas debido a las características de la topografía del lugar o lo relativo al aspecto económico. Es por esto, que la gente empieza a darle ciertos tratamientos a los residuos como la quema o empieza a acumularlos en masas de basura lo que imposibilitó su posible separación para el análisis de generación.

Otra de las causas que influye en los resultados sobre los subproductos que no se pueden separar, es el poco o nulo avance en términos de educación ambiental, pues a pesar de que los estratos con ingresos más altos tienen una escolaridad relativamente alta, ponen poca atención en llevar a cabo prácticas en casa como el compostaje o el reciclado, pues a pesar de que las conocen, no se preocupan por separar sus residuos y entregarlos al camión recolector de forma adecuada.

En el apartado correspondiente a los residuos de bolsa de película; el estrato bajo es el que más arroja estos residuos. Lo siguiente obedece a los patrones de compra – venta; pues por un lado, la gente consume sus productos en su gran mayoría en puestos que se colocan una vez por semana, los cuales por lo general, proporcionan una bolsa por cualquier producto que se compre. Una explicación es que el plástico película no es costoso y por consecuencia no se cobra (Buenrostro, *et al.* 1999). Cosa contraria ocurre con los estratos medios y altos que acuden a centros de autoservicio en los que trasladan los productos directamente de los carritos a sus automóviles. De alguna manera hay alguna

relación de generación del cartón y la bolsa de película en los estratos socioeconómicos y esta tiene que ver con los patrones de adquisición de sus productos y el lugar donde los obtienen. Los habitantes de estratos altos adquieren y/o consumen sus productos en la mayoría de los casos en tiendas de autoservicios por la cercanía al lugar donde habitan y por el hábito de comprar en grandes cantidades. En estos lugares todo está condicionado a la compra de ciertos productos empaquetados en cartón, pues se facilita el traslado de su compra al medio de transporte en el que se mueven. Mientras tanto, la gente de escasos recursos se abastece en comercios de tipo informal representado en el mayor de los casos en los tianguis; pues por un lado, los precios son más bajos pues los productos no son regulados oficialmente, y por el otro, se tiene la costumbre de adquirir en pequeñas proporciones y la manera más factible de expender el producto es en bolsas.

En el caso de la producción de papel; en términos de generación, ésta se presenta de una manera lógica respecto al grado de escolaridad y al patrón de adquisición en la población muestra. Se reporta en la encuesta socioeconómica que los habitantes de los estratos bajos tienen poco grado de estudio e incluso hay algunos que no alcanzan a terminar la primaria o secundaria por motivos de emigración o por la necesidad de trabajar para solventar los gastos de la familia por la poca entrada de recursos económicos para la manutención. Por otro lado, es el estrato alto el que mayor grado de estudios tiene y por lo tanto, consume más este material porque lo utiliza en mayor proporción. La mayoría de las viviendas tiene al menos un integrante de la familia estudiando, aunado a que muchas de las viviendas cuenta con apoyo en tecnologías más avanzadas como las computadoras, que una persona con escasos recursos es más difícil de adquirir.

Respecto a la producción de Tereftalato de Polietileno; las causas por las cuales el estrato alto produce más PET puede atribuírsele a los patrones de mercadotecnia y a los hábitos de consumo; pues por un lado, está el de consumir todos aquellos bienes que observemos en cualquier medio masivo como en el caso de cualquier limpiador doméstico o refresco y por el otro, la forma de alimentación, la cual viene acompañada de productos que tal vez tengan menos

calorías o se consumen por el carácter redituable que se tiene; cosa que no ocurre con los estratos bajos que se limitan a consumir lo alcanzable en términos monetarios. Por lo tanto, podemos relacionar la variable PET a productos que están elaborados con este material y que están utilizándose con mayor auge. Un ejemplo claro, es el limpiador para trastes que ahora viene en presentación líquido y cuyo envase está elaborado a base del polietileno; lo mismo ocurre con las bebidas refrescantes que ya han dejado atrás la utilización de un material reciclable como el vidrio y en menor proporción en aluminio.

La producción de ropa se atribuye a los patrones de ingreso en la cual es el estrato bajo el que arroja a la basura más material de este tipo que los otros dos. Posiblemente tiene que ver con los patrones de ingreso, pues la gente con escasos recursos no cuenta con los medios suficientes para adquirir ropa de buena calidad y utiliza muchas de las veces ropa de segunda mano a la cual le da un uso intensivo asegurando un menor tiempo de vida, hasta que prácticamente deja de utilizarse por encontrarse ya en muy mal estado; estas son las prendas que llegan a los tiraderos. El tratamiento que le dan los otros estratos a sus prendas en la mayoría de los casos, es que cuando ya no la utilizan, no la desechan, sino que la donan a centros de acopio o la venden a los mercados de segunda mano.

El vidrio es un material que se utiliza como recipiente en botellas de leche, cerveza, refrescos, o de cierto tipo de alimentos. El problema del vidrio es la gran proliferación de colores que actualmente existe en el mercado, pero que gracias a los procesos de reciclaje está disminuyendo su desventaja. El estrato medio produce más vidrio de color basado en productos desechables de algunas industrias como la cervecera principalmente. Su consumo obedece a que el costo de materiales envasados de este tipo no representa problema alguno de consumo por parte de los habitantes, caso contrario con los del estrato bajo que prefieren consumir productos menos elaborados y de los estratos altos que utilizan tecnologías más avanzadas.

## **Análisis de Varianza Multivariado**

El análisis de Varianza permitió explicar el comportamiento de las variables frente a los estratos. En este caso se demuestra una diferencia significativa de un estrato con respecto a otro, lo que significa que los resultados fueron confiables para proyectar lo que sucedía en cierto estrato respecto a su generación con la confianza de contar con diferentes pruebas estadísticas.

## **Análisis estadístico de la relación entre los subproductos y las variables socioeconómicas**

Para establecer la relación entre estas dos variables se llevó a cabo un análisis de correspondencia, por medio del cual se obtuvo un diagrama de ordenación el cual permitió identificar que es en el estrato que se consideró como medio y alto en donde se concentran casi todas las variables. Los resultados del análisis estadístico mostraron que la estratificación socioeconómica de INEGI sí se corresponde con los patrones de generación y composición. Es evidente que la composición tiene relación con los patrones de ingreso, educación y registro familiar. Se manifiesta principalmente una tendencia de aspectos socioeconómicos como escolaridad, ingreso junto con la producción de papel y PET al estrato medio y alto.

## **Mapas de distribución potencial**

Después de formateada la información cartográfica, se utilizaron los datos de las variables socioeconómicas reportadas dentro de los AGEB, que tuvieran relación a las consideradas en la encuesta realizada, pues los datos que se obtuvieron, no resultaban adecuados para desarrollar los mapas; aunque es de resaltar que los datos de uno y otro, prácticamente son los mismos, con la salvedad de que en el primer caso se establecen de manera puntual como es el caso de escolaridad, régimen de propiedad o ingreso; mientras tanto, en el segundo caso son mucho más específicos y con mayores criterios. Esta diferencia arrojó una serie de resultados que tienen que ver con la homogeneización de estratos.

Básicamente el software Desktop Garp incluyó la zonificación mediante mapas con referencia geográfica (longitud y latitud) dentro de la ciudad, para lograr representar a los estratos bajo estudio, además de una serie de variables socioeconómicas representativas a los AGEBs.

A continuación se establece una discusión sobre los resultados del análisis espacial de la generación.

### **Análisis espacial de generación**

Los datos de los AGEB tomados en consideración se extrapolaron a los demás AGEB para modelar la predicción de la distribución de los estratos socioeconómicos y de esta forma elaborar los mapas de la generación de residuos estableciendo su caracterización con el estrato socioeconómico en cuestión, que permitieran a su vez el tratamiento y discusión de los datos.

El objetivo de realizar los mapas consistió en expresar visualmente la diferencia entre los estratos con respecto a las variables socioeconómicas y su relación con la generación. Se demostró que existe diferencia en cuanto a la generación de RS entre los estratos socioeconómicos tomados en consideración; sin embargo, al momento de manejar los resultados con las variables socioeconómicas dentro de los AGEB que se consideraron en el estudio; como población económicamente activa y el de algunos servicios básicos entre los que destaca, la presencia de drenaje, se observa que existe una clara separación de los estrato bajo y medio, pero no es tan clara la separación a nivel de AGEB entre el estrato medio y alto.

Tal y como se caracterizó al estrato alto en el muestreo, éste arrojó una diferencia significativa de generación respecto a los otros dos estratos; pero las variables socioeconómicas tomadas en consideración para el análisis espacial no permitieron mostrar una diferencia clara con el estrato medio. Es de resaltar que en la zona conurbana de Morelia; al igual que otras ciudades representativas de México, se localizan pequeñas porciones de un estrato localizado dentro de otro, es el caso de la muestra del estrato alto. En el muestreo de campo se eligió una zona que representara el estrato alto pero los criterios de las variables de INEGI

con respecto a las cualidades del estrato permitieron observar que la ciudad, prácticamente no tiene AGEB que lo caractericen de manera clara, Por lo tanto, se puede considerar como un estrato medio de carácter alto, pues las personas que habitan en estos AGEB en su mayor parte son profesionistas que laboran largas jornadas para conseguir salarios muy redituables y llevar un estilo de vida que por la capacidad de compra, los diferencia claramente del estrato bajo.

### **Relación entre variables socioeconómicas de AGEB y generación**

Extrapolando los resultados del análisis socioeconómico de los estratos con la generación, se muestra una diferencia notable en cuanto a composición entre la periferia y la zona central de Morelia; por lo tanto, se establece una homogeneización en el estrato bajo y medio respectivamente.

En los dos análisis se justifica que sí existe relación entre el ingreso con la generación; por lo tanto, se atribuye una marcada generación de bolsa de película, trapo y material no separable en el estrato bajo, localizado en las periferias de la entidad, donde se localizan asentamientos irregulares y las condiciones hacen posible que la población continúe creciendo. Con esto se da a conocer que la falta de servicios básicos debido al constante crecimiento en zonas de difícil acceso para los concesionarios imposibilita por un lado, la recolección de residuos de manera adecuada, y por el otro, arroja resultados tales como el que se eleve la contaminación atmosférica debido a la quema de residuos que pudieran actuar como combustibles o simplemente que pudieran entrar en el proceso de reciclaje y reutilización de subproductos.

Los patrones de generación pueden obedecer a los hábitos de consumo, escolaridad y migración. Hoy en día, existe un número mayor de personas emigrando a las periferias de la ciudad, con el objetivo de tener un espacio propio en el que puedan desenvolverse. Como colonias de tipo irregular carece de los servicios básicos como drenaje, asfaltado y en ocasiones hasta de falta de electricidad, por tal razón se ha considerado como estrato bajo, aunque pudiera representar una cuestión solamente de poblamiento de un nuevo lugar, pues se ha observado en los análisis como hay una mezcla de estratos en los AGEB.

El estrato medio produce una significativa cantidad de loza y cerámica y vidrio de color en el AGEB donde se establece. Sin embargo, estos resultados no muestran datos interesantes que puedan definir su significancia dentro de la ciudad. Lo importante proviene del estrato alto que se consideró; en este caso, su producción se fundamenta en la generación de cartón, papel y PET. Si condicionamos este estrato a catalogarlo como medio alto, al relacionar la producción con las variables socioeconómicas observamos que la zona del interior del municipio produce una gran cantidad de productos reciclables que pueden entrar de nueva cuenta al ciclo de la producción. De esta forma se considera el que se lleven a cabo programas de disminución de residuos dentro de lugares estratégicos como son las estaciones de transferencia; que además de beneficiar al ambiente con la disminución de contaminantes a la atmósfera por la disminución en la circulación de vehículos y los depósitos en los tiraderos, son redituables económicamente al gobierno por los ingresos que trae este tipo de alternativas por la disminución de los costos de transporte, se recorren menos distancias y generan fuentes de empleo; por lo tanto, representan una forma de viable en la política en materia ambiental en el estado.

## XII. CONCLUSIONES

La selección de las muestras en el estudio sí se corresponde con la estratificación de INEGI, excepto en el estrato alto, donde no es clara la diferencia debido a interpolación de los estratos en un mismo AGEB. Por ello se concluye que la ciudad de Morelia no tiene zonas muy marcadas donde se represente de manera clara un estrato alto, sino la población que presenta esta característica se encuentra ocupando sitios a manera de puntuaciones dentro de AGEB que corresponden a otros estratos.

La generación de los residuos sólidos sí se relaciona con el ingreso socioeconómico de las viviendas, por lo tanto, la composición de los residuos sólidos es una variable que se puede espacializar para mostrar y explicar la distribución de los componentes de los residuos sólidos, de acuerdo con la estratificación socioeconómica de INEGI (por AGEB). Las variables socioeconómicas tomadas en consideración se pueden utilizar como bases de datos para la elaboración de productos cartográficos pues ayudaron a describir y ubicar los sitios posibles de composición de cierto subproducto. En términos generales, el tipo de residuo encontrado refleja el ingreso socioeconómico de las viviendas.

De esta forma, mediante el análisis de los mapas de generación se observa que, el estrato bajo se ubica en las periferias de la ciudad, en donde se está poblando día con día, producto de la venta de lotes debido al crecimiento demográfico; mientras tanto el estrato medio ocupa casi toda la parte de la ciudad, pero para el estrato alto no se establece una relación considerable como para poder argumentar que puede caracterizar una parte de la población de la ciudad, pues solamente se concentra en una relación de puntos o manchas urbanas, incluso en lugares que se catalogan como de estrato bajo.

Por otra parte, la densidad de población del AGEB para cada estrato, relacionada directamente con el tamaño de la población, influye de manera directa en la composición de residuos debido a los patrones socioeconómicos como la educación y régimen salarial. La parte media de la ciudad en donde se localiza la

mayor parte de la población, produce con mayor significancia una cantidad más heterogénea de subproductos a los que se proyectan en las periferias de la ciudad, debido principalmente a la influencia del mercado que sobresale buscando mayor cantidad de venta en lugares con más densidad de población por kilómetro cuadrado, donde es más fácil acomodar sus productos con la ingerencia de haber sido consumidos antes por otras personas.

Debido a que los estudios de generación que se realizaron en los años de 1998 y de 2004 involucraron un periodo intermedio a los datos disponibles de productos cartográficos y material censal por AGEB elaborados durante el censo del año 2000 fue inviable hacer una comparación espacial de composición de los residuos sólidos por estrato socioeconómico pues hubo que considerarlos solamente para un periodo. Sin embargo, los resultados estadísticos permiten demostrar que la variación de los subproductos junto con la influencia de variables económicas, como el ingreso y el precio de las materia primas, inciden en la generación de los residuos sólidos. La creciente urbanización, industrialización y hábitos de consumo son los parámetros principales para demostrar como ha ocurrido procesos de cambio en la generación entre un año y otro. La tierra representaba una significancia para el estrato bajo en el 98 y para el 2004 ya no lo era, el aluminio significaba una fuente en la industria del envasado y ahora es sustituido en el mercado por el PET.

Es significativo mencionar que los programas estadísticos son una herramienta auxiliar en el desarrollo e integración de una serie de datos, pues permitieron evaluar metodológicamente como se comportan los estratos con respecto a los patrones de generación de residuos en la ciudad temporalmente y además que variantes de composición presentan con respecto a su origen, todo esto considerando su significancia y la desviación en la relación de los valores unos con respecto a otros.

La generación de materias primas reciclables hacia el interior de la ciudad permite pensar que cierto tipo de prácticas como centros de acopio o estaciones de transferencia son redituables económicamente al municipio, además de que se

disminuye la cantidad de residuos que paran al tiradero aumentando su vida útil y disminuyendo la contaminación ambiental en el estado.

En la actualidad, los SIG son una herramienta útil de análisis que permiten elaborar modelos sobre predicción de generación por estrato socioeconómico, pues hoy en día existen mayor disponibilidad de datos censales que pueden accesarse, transformarse y ser manipulados interactivamente, de tal modo que permiten estudiar procesos ambientales o anticipar los posibles resultados de decisiones de manejo como el caso de los RS. El uso de la percepción remota ha demostrado una gran validez cuando se requiere de la integración de grandes volúmenes de información disminuyendo en tiempo y costo con respecto a la metodología de recorrido terrestre exhaustivo de las zonas de estudio; aparece hoy como una herramienta imprescindible cuando se trata de inventariar recursos naturales, evaluar impactos ambientales y monitorear el territorio nacional en forma homogénea.

### **XIII. PERSPECTIVAS Y RECOMENDACIONES**

No obstante que la ubicación de las viviendas en la ciudad de Morelia no se relaciona a criterios económicos como el ingreso, sobre todo, de los estratos medio y alto. La presente investigación demostró la relación del ingreso con la producción de residuos sólidos y además los resultados de las variables socioeconómicas encontradas en la encuesta aplicada y las variables reportadas por el INEGI. Por esto, es factible utilizar tanto las variables socioeconómicas como de producción de residuos sólidos para espacializar la generación de éstos.

En el caso de la ciudad de Morelia es importante implementar un sistema eficaz de recolección que dé pauta a mejores formas de manejo de los residuos, así como el optimizar el servicio con el fin de que se beneficien, tanto las asociaciones que ven su sustento económico en esta actividad con una disminución de costos de operación como sociedad por la ampliación en la cobertura del servicio y el medio ambiente, con una disminución de los residuos en los alrededores de la ciudad pues se habrán captado en su mayoría parando al sitio destinado a este fin.

Los SIG proporcionan una herramienta útil para llevar a cabo un sistema de planificación y reducción de residuos mediante la interacción de las variables en la elaboración de mapas. Son el auxiliar necesario en el establecimiento de nuevos centros de servicio como rellenos sanitarios o centros de acopio, y provee de medios para valorar su impacto en las áreas circundantes; además de ayudar a una adecuada función del transporte. Resulta de gran relevancia para criterios de planificación de los sistemas de aseo público municipales.

En este caso, los SIG son una herramienta auxiliar en el desarrollo de modelos que permitan una planificación a largo plazo del manejo de los residuos sólidos, tomando en cuenta la producción de los residuos a largo plazo. De esta forma se podrán diseñar los horarios de trabajo, número, capacidad y la forma de los vehículos pues se conoce el tipo de residuo que más se produce en un lugar determinado; además, se pueden plantear de una manera dinámica, las rutas de recolección y/o los requerimientos para su manejo.

Aunque los SIG se pueden utilizar como una forma de estudiar la problemática de la generación y disposición inadecuada de residuos; una de las mejores formas de solucionar el problema es la de modificar los hábitos de consumo e implementar otras opciones de manejo, como plantas recicladoras para captar todo el recurso y poder reinvertirlo en opciones de manejo más adecuadas de residuos, así mismo se presenta un abaratamiento de costos del ayuntamiento encargado en inversiones de uso de suelo, gastos de mobiliario entre otros aspectos que tienen que ver con el depósito, pero principalmente se da una disminución significativa de contaminación ambiental.

Al momento de llevar a cabo una encuesta, es necesario tomar en cuenta todos los parámetros que maneja INEGI para no tener problemas al momento de llevar a cabo una espacialización. Parámetros como escolaridad o ingreso los cuales adoptan valores cualitativos deben cambiarse a valores cuantitativos pues casi todos los softwares trabajan con números, mismos que son integrados en una base de datos para posteriormente extrapolarlos al formato definido. Aunque GARP fue elaborado para trabajar básicamente con parámetros ecológicos como localización de una especie tomando datos de los lugares donde se encuentra, tales como humedad, presión o temperatura, es de gran ayuda en proyectos de investigación como es la predicción de la generación de residuos en una población. Si se cuenta con datos sobre la generación en un sitio específico, es muy probable que en otro sitio con las mismas características, se lleven a cabo similares hábitos de consumo; de esta manera, si extrapolamos esta situación, podremos conocer el comportamiento de generación de residuos sólidos en otras zonas. Lo cual para efectos de planificación resulta de gran relevancia.

#### XIV. LITERATURA CITADA

1. Arc View Gis, 1996, Environmental Systems Research Institute Inc, Redlands, USA. 44 pp.
2. Buenrostro D; O 2000. Los Residuos Sólidos Municipales. Clasificación de Generadores y Modelos de Generación Potencial. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. División de estudios de Posgrado. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México, D. F. 107 pp.
3. Buenrostro, D.O 2001.Origen de la problemática que implica la producción de residuos sólidos en los Residuos Sólidos Municipales. Perspectivas desde la Investigación Multidisciplinaria. UMSNH. P.25-35.
4. Buenrostro, O, Mendoza M, López E, Salinas V. 2003. Sectorización de las rutas de recolección de los residuos sólidos de la ciudad de Morelia, Michoacán. Morelia, Michoacán. 108 pp.
5. Buenrostro, D. O, Bocco, G. y Bernache, G. (2001). Urban solid waste generation and disposal in Mexico. A case study. *Waste Management & Research*. **19**,169-176.
6. Buenrostro, D. O; Bernache, P. G; Cram, S. y Bocco, G. (1999). Análisis de la generación de los residuos sólidos en los mercados de Morelia (Solid waste generation análisis in markets of Morelia). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. **16** (1), 19-26.
7. Devore, J. (2005). Probabilidad y Estadística para ingeniería y ciencias. Sexta Edición. Thomson Editores. México D. F. 794 pp.
8. Dunlap, 1976. Tomado de Restrepo, I; Bernache, G y W. Rathje 1991. Los demonios del consumo (basura y contaminación). P 75-77. Centro de Ecodesarrollo. México, D. F. 270 pp.

9. Fedra, K (1999). Urban Environmental Management: monitoring, SIG, and modeling (published in: Computer, Environment and Urban Systems. Environmental Software & Services GmbH A-2352 Gumpoldskirchen, Austria. 443-457.
10. Forrester, J, Cambridge, H, y Cinderby, S. (1999). The value and role of GIS to planned urban management and development in cities in developing countries. Stockholm Environment Institute - York, University of York, YO10 5YW, UK. 6 pp.
11. H. Ayuntamiento Morelia. 1999 – 2001. Programa de Desarrollo Urbano y Ecología de la Ciudad de Morelia 1998 – 2015. Versión integral. p. 2, 11 – 16.
12. H. Ayuntamiento Morelia. 2002 – 2004. Plan de Desarrollo Municipal de Morelia. Morelia Michoacán 2002. 139 pp.
13. H. Ayuntamiento de Morelia. 2004. Programa de Desarrollo Urbano del Centro de la Población de Morelia. II. Diagnostico. Morelia Michoacán 2004. p.1-4.
14. INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) 1975. Carta Edafológica 1:50,000. México.
15. INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) 2000. XII Censo General de Población y Vivienda, 2000. Resultados preliminares, México. 375 pp.
16. INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) 2005. II Conteo de Población y Vivienda 2005. Principales resultados por localidad. México 102 pp.

17. INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática) 1975. Carta fisiográfica 1: 100 000; Carta Geológica 1:100 000; Carta Climática 1: 50 000.
18. INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática) 1991. XI Censo general de Población y Vivienda, 1990. Resultados Definitivos. Tabulados Básicos, México.
19. INE/SEMARNAP (Instituto Nacional de Ecología/ Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca). 1985. Norma Oficial Mexicana NXM-AA-22-1985. Diario Oficial de la Federación. Martes 7 de Noviembre de 1985. México 10 p.
20. Israde, I; Alatorre M; Garduño, D; Soto, L; Carrillo, A. 2002. Caracterización Geológica del tiradero de Morelia y migración potencial de Lixiviados. Memorias del XII Congreso Internacional de Metalurgia Extractiva, Morelia, Michoacán, México p.294-300.
21. Israde, I. (1999). Lagos tectónicos y volcánicos en “la carta geológica del estado de Michoacán”. Edición Universitaria. Morelia, México. UMSNH. p.45-48.
22. Israde, I; Garduño, D. 2004. La Geología de la Región de Morelia. Morelia, Michoacán, México 16 pp.
23. JMP, 1985. Statistics Made Visual, Versión: 3.2.2. SAS Institute Inc. 1989-1997.
24. Joshi, K, (2003) Municipal GIS Municipal GIS for Resource Mapping and Planning: A case study from Byass municipal area, Nepal. Baneswore, Kathmandu, Nepal. 10 pp.

25. Karadimas, Vassili G, Loumos y Ourania D. (2003). Quality of Service Ensuring in Urban Solid Waste Management. National Technical University of Athens, Zografos Campus, 15780, Athens, Greece 5 pp.
26. Karagiannidis, N. Moussiopoulos, G. Diamandopoulos, K. Kaggelides and Perkoulidis, G, (2003). Simulation Modelling Software for Integrated Solid Waste Management at Regional Level a. Proceedings of the *8th International Conference on Environmental Science and Technology* Lemnos Island, Greece, 8 – 10. pp. 346 – 352.
27. Kiely, G. (2000). Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnología y Sistemas de Gestión. Ed. Mc Graw-Hill. Madrid, España.
28. Lahti, P, Martamo, R, y Huhdanm, A. (1998) GIS-based toolbox for urban analysis (urban form, economics and ecology) communities and infrastructure. Cost C4 Final Conference, 1998 xxx-yyy. Finland. 13 pp.
29. Manandhar, R (2002). Private Sector Participation in Solid Waste Management in Kathmandu. Section Kathmandu Metropolitan City. 9 pp.
30. Matijieek, L, Benešová, L, y Tonika J. (2000). Environmental Modelling in Urban Areas with GIS. Institute for Environmental Studies, Charles University, Prague, 128 01, Czech Republic, 60-65.
31. Marques de Cantú, M. J. 1988. Probabilidad y Estadística para ciencias Químico-Biológicas. UNAM. 657 pp.
32. SECOFI (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial). 1985. Norma Oficial Mexicana NMX-AA-061-1985 Protección al Ambiente – Contaminación del Suelo – Residuos Sólidos Municipales – Determinación de la Generación. Environmental Protection Contamination – Municipal Solid Residues – Determination of Generation. Relación de Normas Oficiales Mexicanas Aprobadas por el Comité de Protección al Ambiente. Contaminación del Suelo. México, 104 pp.

33. SEDUE (Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología) 1993. Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Enero de 1998. 138 p.
34. Stockwell. D, Peters. D. (1999). The GARP modelling system: problems and solutions to automated spatial prediction. Research article. Int. J. geographical information science. Vol. 13, no. 2, 143-158 p.e.
35. Tchobanoglous, G. (1992). Gestión integral de Residuos Sólidos. Vol. I y II. Ed. Mc Graw-Hill. Madrid, España.
36. Torres. L. (2006). Química II. Enfoque Constructivista. Global Educational Solutions. 110 pp.
37. *UNU/IAS 2003. Urban Ecosystem Analysis. Identifying Tools and Methods.* Shibuya-Ku, Tokio, Japón. 18 pp.

## Anexo 1.

### ENCUESTA PARA GENERADORES DOMÉSTICOS DE RSU

Clave de identificación \_\_\_\_\_ Fecha de entrevista: Mes \_\_\_\_\_ Día \_\_\_\_\_ Año \_\_\_\_\_ -

Entrevistador(es) \_\_\_\_\_

1. Persona o personas que respondieron (marcar todas las apropiadas):

\_\_\_\_\_ Sra. de la casa \_\_\_\_\_ Hijos  
 \_\_\_\_\_ Sr. de la casa \_\_\_\_\_ Otros

2. Datos generales por vivienda

	A	B	C	D	E	
	Sexo	Edad	Lugar en la familia	Escolaridad	Actividad Principal	
01.						1. Hogar
02.						2. Obrero
03.						3. Comercio
04.						4. Empleado
05.						5. Estudiante
06.						6. Comerciante
07.						7. Trabaja por su cuenta
08.						8. Profesor
09.						9. Profesionalista
10.						10. Emigrado
11.						11. Otro (especifique)

\*\* Los rangos del ingreso están basados en el salario mínimo enero 2003 (43.65)

1. Masculino	1. Jefe (a) del hogar	1. Sin escolaridad	7. Comercio
2. Femenino	2. Esposa (a)	2. Primaria inconclusa	8. Preparación inconclusa
	3. Hijo (s)	3. Primaria	9. Preparación
	4. Otros parientes	4. Secundaria inconclusa	10. Profesional inconclusa
	5. Servidor doméstico	5. Secundaria	11. Profesional
		6. Técnico	12. Otro (Especifique)
			13. Preescolar

3. ¿Tiene usted auto?

1) Sí 2) No

4. La casa donde vive es:

1) Rentada 4) Prestada  
 2) Propia 5) Otro tipo de arreglo  
 3) La está pagando

5. Ingreso total familiar por mes (suma de todos los salarios e ingresos de los miembros que trabajan):

1) De \$800 a \$2 999 pesos  
 2) De \$2 300 a \$5 299 pesos  
 3) De \$5 300 a \$8 399 pesos  
 4) De \$8 400 a \$11 999 pesos  
 5) De \$12 000 a \$29 999 pesos  
 6) Más de \$60 000 pesos

7.- ¿Quien le recoge a usted la basura?

1) Ayuntamiento \_\_\_\_\_ 2) Concesionarios (Camionetas) \_\_\_\_\_

7. ¿Cada cuánto pasa el camión de la basura por su casa?

1) Diario (incluye Domingo)  
 2) Casi diario (5-6 veces por semana)  
 3) Tres veces por semana  
 4) Dos veces por semana  
 5) Una vez por semana  
 6) Tarda más de una semana  
 7) Otros (por ejemplo: tienen un contenedor)

8. ¿Cada cuánto tira usted la basura de su casa?

1) Tarda más de 7 días 4) Tres veces por semana  
 2) Una vez por semana 5) De 4 a 6 veces por semana  
 3) Dos veces por semana 6) Diario (7 veces)

9. Dentro de lo que usted ha observado, ¿Que es lo que más tira a la basura? \_\_\_\_\_

10. Por ultimo, ¿Cuál que creé que el principal motivo del problema de los residuos aquí en la Ciudad? \_\_\_\_\_

## Anexo 2.

### Formato: NORMA DE CLASIFICACIÓN Variante de la NTRS-5 de SEDUE

#### Identificación de la muestra

Nombre o clave -----

Dirección -----

Número de muestra -----

Fecha ----- Equipo de Recolección -----

Peso total inicial ----- Equipo de análisis -----

SUBPRODUCTO	FREC.	PESO	SUBPRODUCTO	FREC.	PESO
Algodón			Residuos de Jardinería		
Cartón			Trapo		
Cuero			Vidrio Transparente		
Residuo Fino			Vidrio de Color		
Material no Separable			Pilas Eléctricas		
Cartón Encerado			Tierra		
Tetrapack			Papel Celofán		
Tetrabrick			Material Eléctrico		
Papel Encerado			Colillas		
Fibra Dura Vegetal			Piedras		
Fibra Sintética			Plastilina		
Hueso			Detergente		
Hule			Vísceras		
Loza y Cerámica			Papel Metálico		
Madera			Residuos Peligrosos		
Material de Construcción			Zapatos		
Aluminio			Cabello		
Hojalata			Cera		
Material Ferroso			Pelo de Animal		
Papel			Plumas		
Papel Higiénico			Filtro		
Pañal Desechable de Niño			Escoba		
Pañal Desechable de Adulto			Ceniza		
Toalla Femenina			Carbón		
Heces Fecales			Látex		
Bolsa de Botana			Harina		
Bolsa de Película			Paja		
Bolsa Laminada			Borrador		
Plástico Rígido			Poli Estireno		
PET			Papel Laminado		
Polietileno Alta Densidad			Otros		
PVC					
Garraiones					
Hule Espuma					
Hielo Seco					
Polipropileno					
Residuos Alimenticios					

