

PROYECTO FINAL DE CARRERA DE CIENCIAS
AMBIENTALES 2006-2007

ANÁLISIS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS
EN ÁREAS ADMINISTRATIVAS, ACADÉMICAS,
BIBLIOTECAS Y CÓMPUTOS, DE CIUDAD
UNIVERSITARIA EN LA UMSNH, MICHOACÁN,
MÉXICO.



UAB

Universitat Autònoma
de Barcelona

Núria Carrillo Mainé

Asesores:
Federico Hernández Valencia
Martí Boada i Juncà

Dedico este proyecto a mis padres (Francisco Carrillo y Núria Mainé), mi hermana (Laura) y mi marido (Alain Chavoya) que tanto me han apoyado en todo momento.

Agradezco todo el esfuerzo y comprensión que me han ofrecido los amigos y colaboradores en cada etapa de este camino.

ÍNDICE

1 JUSTIFICACIÓN	7
2 OBJETIVOS	11
2.1 GENERALES	11
2.2 ESPECÍFICOS	11
3 ANTECEDENTES	12
3.1 LEGISLACIÓN	12
3.2 METODOLOGÍA	13
3.3 OTROS	14
4 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	17
4.1 MEDIO FÍSICO	17
4.1.1 <i>Localización</i>	17
4.1.2 <i>Fisiografía</i>	19
4.1.3 <i>Geología</i>	20
4.1.4 <i>Suelos</i>	21
4.1.5 <i>Hidrología</i>	23
4.1.6 <i>Clima</i>	24
4.2 MEDIO BIÓTICO	25
4.2.1 <i>Vegetación</i>	25
4.2.1.1 Bosque espinoso	25
4.2.1.2 Matorral subtropical	25
4.2.1.3 Pastizales	26
4.2.1.4 Bosque de encino	26
4.2.1.5 Bosque de pino	28
4.2.1.6 Bosque de oyamel	28
4.2.1.7 Bosque mesófilo de montaña	29
4.2.1.8 Bosque tropical caducifolio	30
4.2.1.9 Bosque de galería	30
4.2.1.10 Vegetación acuática y subacuática	31
4.2.1.11 Comunidades de arvenses	31
4.2.2 <i>Fauna</i>	32
4.2.2.1 Peces	32
4.2.2.2 Anfibios	32
4.2.2.3 Reptiles	33
4.2.2.4 Avifauna	34
4.2.2.5 Mamíferos	35
4.3 MEDIO SOCIAL	35

4.3.1 <i>Demografía</i>	35
4.3.2 <i>Educación</i>	36
4.3.3 <i>Economía</i>	38
4.3.4 <i>Servicios de salud</i>	40
5 DESCRIPCIÓN DE LA UMSNH.....	41
5.1 GENERAL.....	41
5.2 CIUDAD UNIVERSITARIA	44
6 TIPOLOGÍA DE RESIDUOS.....	47
6.1 PLÁSTICOS.....	47
6.1.1 <i>PET</i>	48
6.1.2 <i>PEAD</i>	49
6.1.3 <i>PVC</i>	51
6.1.4 <i>PEBD</i>	52
6.1.5 <i>PP</i>	53
6.1.6 <i>PS</i>	55
6.1.7 <i>OTROS</i>	57
6.2 PAPEL Y CARTÓN	58
6.2.1 <i>Papel prensa</i>	59
6.2.2 <i>Papel para impresión y escritura</i>	59
6.2.3 <i>Papel higiénico y sanitario</i>	59
6.2.4 <i>Papel para envases y embalajes</i>	59
6.2.5 <i>Papel Fotográfico</i>	60
6.2.6 <i>Papel Encerado</i>	60
6.2.7 <i>Papel calca</i>	60
6.2.8 <i>Celofán</i>	60
6.2.9 <i>Mezclas de papel con otros residuos</i>	61
6.3 TETRABRIK	61
6.4 ALUMINIO Y HOJALATA	61
6.5 VIDRIO	62
6.6 MATERIA ORGÁNICA	62
6.7 RESIDUOS PELIGROSOS	63
6.7.1 <i>Encendedor</i>	63
6.7.2 <i>Cartucho de impresora y tóner</i>	63
6.7.3 <i>CD y Disquet</i>	64
6.7.4 <i>Residuos de objetos punzocortantes usados</i>	66
6.7.5 <i>Pilas</i>	66

7 METODOLOGÍA.....	67
7.1 PRIMERA ETAPA	68
7.1.1 <i>Definir, identificar y cuantificar las áreas existentes en los edificios de Ciudad Universitaria (CU).....</i>	70
7.1.2 <i>Caracterizar y cuantificar los residuos sólidos generados en dichas áreas.....</i>	74
7.2 SEGUNDA ETAPA.....	78
7.2.1 <i>Captura informática, análisis y comparación de los residuos en las diferentes áreas.....</i>	79
8 RESULTADOS	81
8.1 COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS POR RUBRO	81
8.1.1 <i>General.....</i>	81
8.1.2 <i>Académicos.....</i>	84
8.1.3 <i>Administrativos.....</i>	86
8.1.4 <i>Bibliotecas.....</i>	88
8.1.5 <i>Cómputos.....</i>	89
8.1.6 <i>Biblioteca con cómputo.....</i>	91
8.2 COMPARACIÓN DE LAS GENERACIONES PER CÁPITA	92
8.2.1 <i>Residuos no peligrosos.....</i>	92
8.2.2 <i>Residuos peligrosos.....</i>	96
9 CONCLUSIONES.....	99
9.1 GENERALES	99
9.2 PROPUESTAS DE MEJORA Y FUTURAS ACCIONES.....	102
10 VOCABULARIO	105
11 ACRÓNIMOS	109
12 CRONOGRAMA	110
13 PRESUPUESTO.....	112
14 BIBLIOGRAFÍA	113
ANEXOS.....	121
ANEXO 1. DOCUMENTO DEL RECTOR DE LA UMSNH	122
ANEXO 2. EJEMPLO DE RUTA PARA EL MAPEO Y MUESTREO DE EDIFICIOS	126
ANEXO 3. FORMATO DE LEVANTAMIENTO DE EDIFICIOS	128
ANEXO 4. EJEMPLOS DEL MAPEOS DE EDIFICIOS.....	132
ANEXO 5. FORMULARIOS DE SEPARACIÓN DE RESIUDOS.....	139
anexo 5.1 <i>Formulario de clasificación de la ntrs-5 de sedue de la NOM-AA-022-1985.....</i>	140
anexo 5.2 <i>formulario de clasificación utilizado en el proyecto.....</i>	143
ANEXO 6. FOTOGRAFÍAS	145
ANEXO 7. LISTA DE RESIDUOS DE PORCENTAJES TOTALES MENORES AL 1 %	151

ANEXO 8. MAPA DE CIUDAD UNIVERSITARIA ACTUALIZADO.....	154
ANEXOS DIGITALES	156
ÍNDICE ANEXOS DIGITALES	157

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Instituciones mexicanas con Planes Ambientales Institucionales.....	8
Tabla 2. Especies de anfibios de Michoacán y estado de conservación	33
Tabla 3. Algunos reptiles del Estado y su estado de conservación	33
Tabla 4. Especies de avifauna de Michoacán junto a su estado de conservación	34
Tabla 5. Especificaciones de los Niveles Educativos de la UMSNH en el 2004/2005.....	41
Tabla 6. Títulos y grado expedidos por la DES.....	43
Tabla 7. Edificios de CU y sus dependencias.....	44
Tabla 8. Tipología de plásticos.....	47
Tabla 9. Nomenclatura de los diferentes espacios.	71
Tabla 10. Espacios totales a muestrear y porcentajes de muestreo por semana.....	75
Tabla 11. Semanas de muestreo	75
Tabla 12. Resumen de los espacios muestreados y existentes en CU.	81
Tabla 13. Generación de residuos por rubro y cantidad.	97
Tabla 14. Extrapolación del peso de los residuos más generados durante la investigación al que se obtendría en un año.....	100
Tabla 15. Beneficios que se obtendrían de la total separación selectiva de los residuos reciclables.	101
Tabla 16. Extrapolación de los pesos de los residuos peligrosos.....	101

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Climograma de Morelia (1917 - 1997)	24
Gráfico 2. Pirámide poblacional de Morelia, 2005.....	36
Gráfico 3. Evolución poblacional de Morelia, 1940-2005	36
Gráfico 4. Población de 6 a 14 años que sabe leer y escribir, 2005.....	37
Gráfico 5. Condición de alfabetismo y analfabetismo de la población mayor de 15 años, 2005.....	38
Gráfico 6. Residuos de porcentaje mayor al 1% de los espacios muestreados en CU	83
Gráfico 7. Residuos de porcentaje mayor al 1% encontrados en los cubículos académicos	85
Gráfico 8. Residuos de porcentaje mayor al 1% encontrados en los cubículos administrativos	87
Gráfico 9. Residuos de porcentaje mayor al 1% encontrados en las bibliotecas.....	88
Gráfico 10. Residuos de porcentaje mayor al 1% encontrados en los cómputos.	90
Gráfico 11. Residuos de porcentaje mayor al 1% encontrados en las bibliotecas con cómputo.....	91
Gráfico 12. Generación per cápita del papel y cartón	93

Gráfico 13. Generación per cápita de la materia orgánica y el sanitario.....	93
Gráfico 14. Generación per cápita de vidrio transparente.....	94
Gráfico 15. Generación per cápita del aluminio	94
Gráfico 16. Generación per cápita de los plásticos.....	95
Gráfico 17. Generación per cápita de los cartuchos de impresora junto con los CD y disquete.....	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de Morelia en México.	17
Figura 2 Ubicación de ciudad universitaria de la UMSNH	18
Figura 3. Suelos de Morelia	22
Figura 4. Planta prototípico de edificio.....	70

ÍNDICE DE ESQUEMAS

Esquema 1. Etapas de la metodología	68
Esquema 2. Fases primera etapa	69
Esquema 3. Material de muestreo de residuos.....	77
Esquema 4. Fases de la segunda etapa.....	79

1 JUSTIFICACIÓN

La problemática de los residuos sólidos afecta actualmente, y desde hace ya tiempo, a las sociedades de todos los países del mundo. Cada país, según sus posibilidades y prioridades procura disminuir y/o tratar los residuos sólidos que genera de una u otra forma, ya sea promocionando estrategias de educación ambiental, reciclando o reutilizando aquellos residuos que lo permitan, almacenándolos en vertederos o incinerándolos. Debido a que los métodos no se anulan entre sí, prácticamente todos los países optan por la combinación de varias estrategias.

En México, la forma más común de gestionar los residuos ha sido y es, la disposición en vertederos sin tener en cuenta las características de cada residuo. En 1984 empezaron a establecerse en el país las Normas Mexicanas aplicables a los residuos sólidos, como por ejemplo la NMX-AA-16-1984 *Determinación de la humedad en los residuos sólidos municipales*, la NMX-AA-015-1985 *Método del Cuarteo*, la NMX-AA-022-1985 *Selección y cuantificación de subproductos* y la NMX AA-91-1987 *Calidad del Suelo y Terminología* (Anexo digital 1), entre otras.

No fue hasta el 2003, que se decretó la “*Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*”, en ella se definieron conceptos como el de *Residuo*, el de *Generador* y/o el de *Responsabilidad Compartida*. El primero, *residuo*, se definió como; aquel material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final. El segundo, *generador*, se definió como aquella persona física o moral que produce residuos, a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo. Finalmente, se definió como *responsabilidad compartida*, el principio mediante el cual se reconoce que los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, son generados a partir de la realización de actividades que satisfacen necesidades de la sociedad, mediante cadenas de valor tipo producción, proceso, envasado, distribución, consumo de productos y que en consecuencia, su manejo integral es una corresponsabilidad social y requiere la participación conjunta, coordinada y diferenciada de productores, distribuidores, consumidores, usuarios de subproductos, y de los tres órdenes de gobierno según corresponda, bajo un esquema de factibilidad de mercado y eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social.

Según estas tres definiciones la UMSNH, incluyendo todas personas que trabajan así como las que toman clases, son generadores de residuos que no aplican el principio de responsabilidad compartida. Debido a la necesidad y compromiso de la universidad con el medio ambiente y la sociedad, es necesario que se actúe en pro de la disminución de los residuos generados por la institución, que a su vez servirá para la concienciación de sus

alumnos, maestros, administrativos, etc., que extenderán los conocimientos y prácticas a sus casas, creando así una red de concienciación general para la disminución y separación de los residuos sólidos.

Según si se trata de poblaciones grandes o si, por lo contrario, se habla de pueblos de tamaño medio o comunidades pequeñas, la gestión de los residuos puede ser diferente. Por lo general, tanto en las urbes como en empresas o instituciones de gran tamaño, como la Universidad, los residuos llegan al vertedero mediante colectivos de personas dirigidas por empresas públicas o privadas que se dedican a recoger puerta a puerta o los contenedores, los residuos de cada habitante. La disposición final de los mismos se da en un vertedero municipal el cual normalmente no dispone de medidas de seguridad ni ambiental ni para sus trabajadores. El vertedero o relleno sanitario es controlado por entidades privadas o por el ayuntamiento. En los pueblos de tamaño medio, se optan por crear pequeños vertederos incontrolados cerca de su localidad, en este caso son sus habitantes los que llevan los residuos a los mismos. Finalmente, las pequeñas comunidades escogen la quema de los residuos, pero no de todos, los no orgánicos se queman ya a que no les es viable económicamente el traslado de los mismos a vertederos puesto que se encuentran a grandes distancias, respecto a los orgánicos, son utilizados para la alimentación de los animales domésticos y la fracción no utilizable la desechan a los bosques.

La situación en la gestión de residuos en las universidades mexicanas no es muy distinta a la de las poblaciones, si bien hay ejemplos que disponen de planes ambientales institucionales, también las hay que todavía no tienen dicho plan. Algunos ejemplos del primer tipo de universidades son los que a continuación se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Instituciones mexicanas con Planes Ambientales Institucionales.

Instituciones	Programas
Universidad Autónoma de Baja California	Programa Universitario: Agua para toda la vida.
Universidad Autónoma de Coahuila	Comité de Instituciones de Educación para el Desarrollo Sustentable.
Universidad Autónoma de San Luís Potosí	La Agenda Ambiental de la UASLP.
Universidad Autónoma del Estado de México	Programa de Protección al Medio Ambiente.
Universidad de Guadalajara	Acuerdo Universitario para el Desarrollo Sustentable del Estado de Jalisco.
Universidad de Guanajuato	Programa Institucional de Medio Ambiente.
Universidad de Colima	Centro Universitario de Gestión

	Ambiental.
Universidad Iberoamericana Santa Fe	Proyecto Ibero sobre Mejoramiento Ambiental.
Universidad iberoamericana Puebla	Programa interdisciplinario en desarrollo sustentable y medio ambiente.
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus San Luis Potosí	Programa ambiental: Ecología y desarrollo sostenible.
Universidad La Salle	Programa de Ecología y Medio Ambiente.
Universidad Tecnológica de León	Sistema de Gestión Ambiental (SMA) y Educación para la Sustentabilidad (EPS).

Fuente: Bravo, T.. 2003. Elaboración propia.

El 7 de diciembre del 2000 fue aprobado el “*Plan de Acción para el Desarrollo Sustentable en las Instituciones de Educación Superior*” en la XVI Sesión del Consejo de Universidades Públicas e Instituciones Afines (CUPIA), con la intención de impulsar la participación de las Instituciones de Educación Superior (IES) del país, en la realización de planes que aporten soluciones para prevenir los problemas ambientales, así como para la construcción de escenarios futuros deseables del estado en medio ambiente y desarrollo, mediante acciones estratégicas de investigación, docencia, difusión y extensión. Al mismo tiempo se formó el Consorcio Mexicano de Programas Ambientales Universitarios para el Desarrollo Sustentable (COMPLEXUS) con el fin de crear un espacio de colaboración entre los coordinadores de los programas ambientales universitarios de las instituciones que lo forman. (Bravo, T., 2003). En este contexto la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH) con la intención de crear el Plan Ambiental Institucional (PAI) de la universidad e inserirse en el conjunto de las que ya lo tienen, inició en el año 2006 las acciones necesarias para la creación del mismo.

De acuerdo a Espinosa, P., *et al*, 1997 los objetivos de un PAI son:

- Incorporar la ética ambiental a todas las actividades -docentes, investigadoras y de servicios- desarrolladas en sus instalaciones para hacerlas compatibles con la protección del medio ambiente. (*ibid*)
- Informar, formar y sensibilizar a todo el personal de la Universidad para que se observen las directrices marcadas en esta política ambiental y la normativa ambiental vigente en el desarrollo de sus funciones. (*ibid*)
- Prevenir, reducir y eliminar cuando sea posible la decadencia ambiental que pueda derivarse de sus actividades. (*ibid*)

- Promover un creciente nivel de eficiencia en la utilización de recursos naturales y energéticos. (*ibid*)
- Promover el reciclaje, la recuperación y la reutilización de materiales así como, la reducción de la generación de residuos. (*Ibid*)
- Gestionar de forma integrada los residuos tóxicos y peligrosos, biológicos y radiactivos¹.
- Mejorar el entorno de Ciudad Universitaria (paisaje, reforestación y ajardinamiento)².
- Mejorar la calidad y relación con el medio ambiente de cafeterías y comedores³.
- Adecuar la política ambiental a las nuevas exigencias del entorno y los avances logrados bajo un enfoque permanente de mejora continua (*Ibid*).

Con la finalidad de cumplir el quinto objetivo del PAI, la UMSNH mediante la Facultad de Biología, decidió investigar en qué situación se encontraba respecto a la generación de residuos la Ciudad Universitaria (CU) del Campus de Morelia, impulsando un proyecto que se realizó en el periodo comprendido entre mayo del 2006 y septiembre de 2007 y que tuvo como objeto caracterizar y cuantificar los residuos sólidos generados en las áreas académicas y administrativas, así como en las bibliotecas y cómputos de CU. Dicho proyecto, pionero en la universidad, servirá como base para otras investigaciones dedicadas a la caracterización y cuantificación de los residuos que se generen en el resto de áreas como son los laboratorios, los sanitarios y los generados por el alumnado y en el resto de campus de dicha universidad. Una vez obtenida ésta información se podrá implementar una buena estrategia para la gestión de los residuos generados a diario en ésta institución.

¹ <http://www.uam.es/servicios/ecocampus/especifica/carta.html>

² http://www.uah.es/servi/ecocampus/oficina_ecocampus.pdf

³ http://www.uah.es/servi/ecocampus/oficina_ecocampus.pdf

2 OBJETIVOS

2.1 GENERALES

- Caracterizar y cuantificar los residuos sólidos generados en áreas académicas, administrativas, bibliotecas y centros de cómputo en Ciudad Universitaria de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

2.2 ESPECÍFICOS

- Definir, identificar y cuantificar las áreas existentes en los edificios de Ciudad Universitaria.
- Caracterizar y cuantificar los residuos sólidos generados en dichas áreas.
- Análisis y comparación entre los residuos de las diferentes áreas.

3 ANTECEDENTES

A continuación se citan algunas de las fuentes de información que fueron de gran importancia para la realización del proyecto, se agruparon en las categorías de normatividad, metodología y teoría de los residuos.

3.1 LEGISLACIÓN

- **Las Normas Oficiales Mexicanas.**
 - *NMX-AA-015-1985 Método del cuarteo.* Según la cual se explica el funcionamiento del método del cuarteo para la obtención de muestras de residuos sólidos municipales mayores de 50 kg.
 - *NMX-AA-022-1985 Selección y cuantificación de subproductos.* Establece la selección y el método para la cuantificación de subproductos contenidos en los residuos sólidos municipales, mediante la propuesta de un tipo de formulario de clasificación, el NTRS-5 de SEDUE (Anexo 5).
 - *NMX-AA-091-1987 Calidad del suelo y terminología.* Se definen términos imprescindibles para la realización de la investigación pues son la base de la misma, algunos de ellos son: generador, disposición final, contaminante, relleno sanitario, residuo, residuo industrial, peligroso, putrescible y municipal.
 - *NOM-052-SEMARNAT-2005.* Establece las características, el procedimiento de identificación, la clasificación y los listados de los residuos peligrosos.
 - *NMX-E-060-1978. Terminología de plásticos.* Se establecen los términos relacionados con los plásticos para la uniformidad de la terminología usada.
 - *NMX-E-232-SCFI-1999. Simbología para la identificación del material constitutivo de artículos de plástico – Nomenclatura.* Establece y describe los símbolos de identificación que deben portar los productos fabricados de plástico en cuanto a su material se refiere, con la finalidad de facilitar su recolección, selección, separación, acopio, reciclado y/o reaprovechamiento.
- **Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos**, actualización octubre 2003. En el artículo 5 se definen otros conceptos igualmente importantes como por ejemplo, responsabilidad compartida, residuo sólido urbano y residuo de manejo especial entre otros.

3.2 METODOLOGÍA

- **La comunicación ambiental en sistemas de recogida porta a porta i pagament per generació de residus.**⁴ En este artículo se explica el funcionamiento del sistema de recogida selectiva puerta a puerta y de pago por generación de residuos, haciendo hincapié en aspectos de comunicación ambiental del proceso lo que ha sido de gran utilidad ya que dicha metodología es la que mas se ajusta, según las características de la universidad y los objetivos planteados en la investigación. En él se describe cómo se debe implantar la recogida selectiva, cuales son sus argumentos a favor y en contra, y como se incluye el pago por generación de residuos en el proceso.
- **El puerta a puerta: La recogida selectiva más sostenible.** Este artículo extraído de la página de internet de www.ecologistasenaccion.org, explica en qué se basa la recogida selectiva y en qué la recogida segregada puerta a puerta, seguidamente expone el caso de la implantación de la recogida segregada puerta a puerta en el municipio de Torrelles del Llobregat, Cataluña, España. Igual que el anterior artículo, ambos han sido de gran ayuda para el conocimiento de este tipo de recogida de residuos, así como para conocer cómo se pueden implantar.
- **Borrador memoria de residuos Universidad Pablo de Olavide.** Sevilla, España. En la universidad se implementó una recogida de residuos selectiva y no selectiva mediante contenedores situados en puntos estratégicos en todo el campus con el fin de recoger los residuos sólidos urbanos generados en la misma.
- **Caracterización de los residuos sólidos peligrosos domésticos en la ciudad de Morelia, Michoacán, México.** Esta tesis fue realizada por Pinette, F., en el 2006, en ella analizaron los residuos sólidos peligrosos de la ciudad de Morelia, muestreando durante siete días diversas casas de los estratos bajo, medio y alto de la ciudad escogidas al azar, al mismo tiempo, se realizaron encuestas con el fin de averiguar el nivel socioeconómico por estrato. Los residuos se trasladaban de las casas al Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales (INIRENA) mediante bolsas de plástico negro de medidas concretas. Una vez allí, la caracterización de los residuos se llevó a cabo mediante la separación y peso de la tipología de residuos perseguida. Finalmente, se hicieron los análisis de estadística descriptiva y ANOVA para determinar si existía una relación entre la composición de los residuos sólidos peligrosos domésticos y las variables socioeconómicas determinadas de las viviendas.

⁴ Su traducción al castellano es “La comunicación ambiental en sistemas de recogida puerta a puerta y pago por generación de residuos”.

• **Análisis de Generación de los Residuos Sólidos Residenciales en Morelia**

Michoacán. En el proyecto de Claudio, Y., realizado en el 2005 se analizaron los residuos de 360 casas de la capital de Michoacán, se subdividió el total de casas en 3 estratos socioeconómicos y se localizaron algunas colonias por cada estrato. Luego se escogieron 120 casas por estrato y se llevo a cabo una recogida no selectiva puerta a puerta en dichas viviendas durante un tiempo de 7 días, dónde día a día se dejaban y recogían bolsas con los residuos de las viviendas. Las bolsas llenas eran trasladadas al laboratorio del INIRENA dónde se pesaban y seguidamente se vaciaban para clasificar los subproductos que al mismo tiempo eran pesados.

• **Los residuos sólidos municipales. Perspectivas desde la investigación multidisciplinaria.**

En este libro escrito por Buenrostro, D., O., en el 2001, se analizaron los residuos de los generadores de la ciudad de Morelia de acuerdo a la clasificación que propuso en: residenciales y no residenciales, éstos últimos incluyen los residuos de los comercios, mercados y tianguis⁵, institucionales/servicios, así como, los industriales y especiales. Se aplicó un muestreo aleatorio para los generadores no residenciales, mientras que a los generadores residenciales, se les aplicó un muestreo aleatorio estratificado socioeconómicamente, cuyo número de muestras por generador se determinó de acuerdo al procedimiento de Stein. Al mismo tiempo, se realizaron encuestas en ambas categorías con el fin de averiguar ingreso económico, escolaridad, densidad de habitantes por vivienda, edad y sexo de los generadores residenciales. Para el caso de los generadores no residenciales, se determinó la actividad económica, tamaño del local, monto de ventas, días y horas laboradas, materias primas utilizadas y principales bienes comercializados. La selección y cuantificación de subproductos se efectuó de acuerdo a una variante al formato de clasificación NTRS-5 de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE). Finalmente, se relacionó mediante técnicas estadísticas los datos de generación de residuos con los datos obtenidos de las encuestas y se concluyó que las variables que permiten predecir la generación de los residuos, de los residenciales, es el ingreso económico y la densidad de habitantes por vivienda, mientras que en los generadores no residenciales fue el número de horas laboradas por día.

3.3 OTROS

• **La producción de residuos y degradación ambiental. La necesidad de incluir el discurso ambiental en el desarrollo y quehacer universitario.** Buenrostro, D.O., en el año 2001 escribió este artículo informativo y de denuncia sobre la situación

⁵ En México la palabra tianguis se refiere a los mercados que se ponen en la ciudad en determinados días de la semana, equivaldría a los mercadillos de la ciudad de Barcelona.

ambiental en la Ciudad Universitaria de la UMSNH. En él expresó la falta de cultura del uso sustentable de los recursos naturales por parte de todos los niveles y sectores de la universidad lo que perjudica económico y en calidad de vida. Finalmente, propone un seguido de tres acciones para la mejora de la situación ambiental mediante la sustentabilidad. La primera, pasa por la aceptación de que desarrollo implica deterioro ambiental y de que es indispensable que las personas disfruten de una buena calidad de vida accediendo a un medio ambiente limpio y seguro por lo que debe realizarse un desarrollo sustentable. La segunda, destaca la importancia de disponer de un programa universitario sobre medio ambiente que coordine las propuestas y acciones en este rubro⁶ dentro de la comunidad universitaria. La última acción, propone la puesta en marcha de subacciones sencillas que requerirían un cambio en las pautas de comportamiento y actitudes en el uso de los recursos. Dichas acciones, se centran en el ahorro de la energía eléctrica, la utilización del teléfono e Internet razonablemente, el uso justo del agua, la conversión de los lugares de estacionamiento en captadores de precipitación pluvial para la recarga de los mantos freáticos y finalmente, en la disminución de la producción de residuos mediante el uso y consumo racional de los bienes e insumos.

- **El reciclaje de los residuos sólidos plásticos como alternativa para mejorar la calidad ambiental en el municipio de Morelia, Michoacán, México.** Éste artículo fue escrito por Carrillo, J.C., en el año 2005, en él se expone, en primer lugar, la situación mundial sobre la gestión de residuos para seguidamente, centrarse en la situación de la gestión de los residuos sólidos en Morelia. En segundo lugar, explica las tipologías de plásticos, sus características y su gestión en Morelia y finalmente, expone el porqué de la situación tan pobre de reciclado en la ciudad seguido de propuestas para que dicha situación mejore.
- **La gestión de los residuos sólidos municipales en la cuenca del lago de Cuitzeo, México.** En el año 2003, Buenrostro, D.O. e Israde, I., realizaron un estudio sobre la composición de los residuos sólidos en ocho municipios rurales ubicados en los márgenes del lago de Cuitzeo, Mich., México. Para ello, se cuantificaron los residuos sólidos acumulados en los tiraderos utilizando el Método del Cuarteo, propuesto por la NOM-AA-15-1985, seguidamente, se pesaron y caracterizaron los subproductos de los generadores residenciales utilizando el formato de clasificación de la NOM-AA-22-1985. Al mismo tiempo, a dichos generadores se les realizaron encuestas para conocer el estado socioeconómico de los participantes en la investigación. Del trabajo se concluyó que las tasas de generación de residuos

⁶ En México se entiende como rubro al título que se utiliza para agrupar un conjunto de cuentas (www.definiciones.org)

fueron inferiores a las de las áreas urbanas, sin embargo, los subproductos encontrados indicaron patrones de consumo similares a los de las áreas urbanas.

- **Propuesta para un plan de manejo de los residuos sólidos municipales de Santa Ana Pecueco, Guanajuato.** Esta tesis realizada en 2006 por Medel, J., analiza los residuos generados en esta población tanto por los generadores residenciales como por los no residenciales, combinándolo con la aplicación de entrevistas para la obtención de información socioeconómica. Mediante recorridos por la población identifican los generadores no residenciales como industrias, comercios, servicios y tianguis entre otros. Para la cuantificación y análisis de los generadores residenciales se utilizó el INEGI como fuente oficial. Para el análisis de la generación de los residuos sólidos, se pesaron durante 6 días y en el periodo de invierno y verano, los camiones que brindan el servicio de recolección de residuos en la población, con el peso y la población se extrajo la generación per cápita. El muestreo se realizó con el Método del Cuarteo expuesto por la NOM-AA-15-1985 y la caracterización y cuantificación de subproductos se realizó en base a la NOM-AA-22-1985. Finalmente, se identificaron las condiciones físicas y operativas para realizar la valoración de los sitios de disposición final de acuerdo con lo establecido en la NOM-083-SEMARNAT-2003.

4 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1 MEDIO FÍSICO

4.1.1 Localización

El área de estudio se localiza en la Ciudad de Morelia, perteneciente al Municipio del mismo nombre, el cuál se ubica al Noreste del estado de Michoacán que a su vez esta situado al Suroeste de la República de México (Figura 1). La ciudad de Morelia limita al Norte por municipios como Tarímbaro, Chucándiro y Huaniqueo, al Este por Charo, al Sur por Madero y Acuitzico y al Oeste por Lagunilla, Tzintzuntzan, Quiroga y Coeno (Secretaría de Educación de Michoacán, 2003). Dicha ciudad esta a una altura de 1941 m.s.n.m., su superficie aproximada es de 1307,1 km² y sus coordenadas están entre los paralelos 19°50'00" y 19°30'00" latitud Norte y los meridianos 101°00'00" y 101°30'00" longitud Oeste (Guevara, F, 1995, Villaseñor, L, 2005).

Figura 1. Ubicación de Morelia en México.

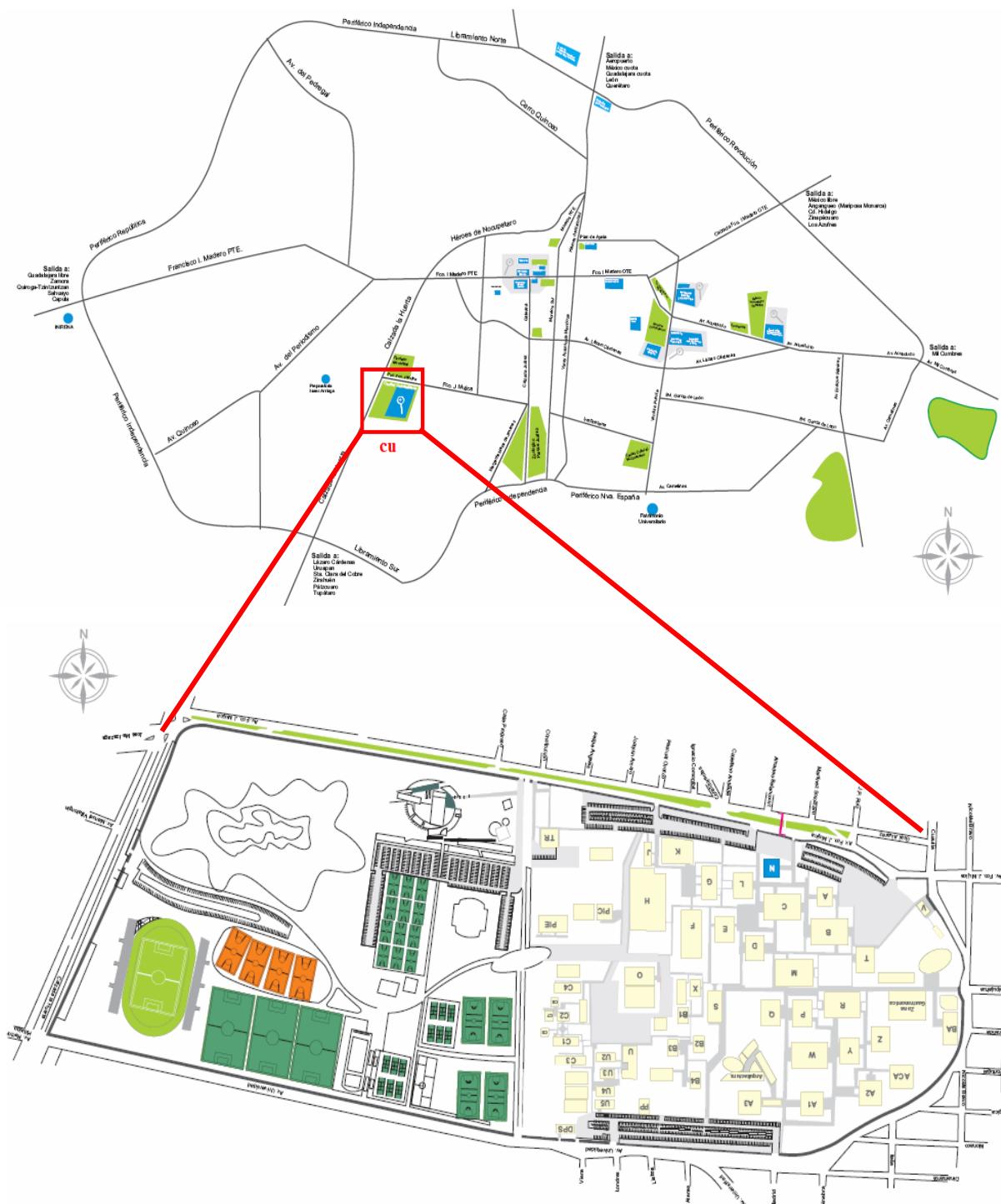


Fuente: <http://www.mimorelia.com/Morelia/Grales/UbGeo.htm>. Elaboración propia.

La Ciudad Universitaria (CU) de la UMSNH (Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo) se encuentra al Suroeste de la ciudad de Morelia (Figura 2). Cuenta con un total de 58 edificios que se reparten entre facultades, escuelas, institutos, departamentos y secretarías. Entre ellas se encuentran las facultades de Contaduría y Ciencias Administrativas, Biología, Ingeniería Civil, Ing. Eléctrica, Ing. Tecnología de la Madera, Ing. Química y Filosofía, entre otras. La única escuela que se encuentra dentro del área de estudio es Bellas Artes, en cuanto a institutos se hallan los de Investigaciones Históricas,

Inv. Metalúrgicas, Inv. Químico-Biológicas y el de Física y Matemáticas. Finalmente, se hallan edificios como el Centro de Automatización Departamento de Idiomas (CADI), la Secretaría de Difusión Cultural y Extensión Universitaria, la Torre de Rectoría y la Coordinación de la Investigación Científica (www.umich.mx).

Figura 2 Ubicación de ciudad universitaria de la UMSNH



Fuente: www.umich.mx. Elaboración propia.

4.1.2 Fisiografía

El estado de Michoacán se enmarca entre las provincias fisiográficas de la Sierra Madre del Sur, predominante del centro al Sur del estado y el Eje Neovolcánico, que se extiende del centro al Norte del mismo. (www.inegi.gob.mx)

La Sierra Madre del Sur limita al norte con el Eje Neovolcánico, al este con la Llanura Costera del Golfo Sur, las Sierras de Chiapas, y Guatemala, y la Cordillera Centroamericana; y al sur y oeste, llega al Océano Pacífico. Esta gran región, considerada como la más compleja y la menos conocida del país, debe muchos de sus rasgos particulares a la estrecha relación que guarda con la Placa de Cocos, una de las placas móviles que integran la litosfera o corteza terrestre exterior. Debido al desplazamiento de dicha placa, de 2 a 3 cm al año, se da la fuerte sismicidad que se manifiesta en esta provincia, en particular sobre las costas guerrerenses y oaxaqueñas. Se compone por rocas intrusivas cristalinas, especialmente los granitos y las metamórficas, tienen una gran importancia, además ha sido clasificada como una de las regiones florísticas más ricas del mundo, en la cual se manifiesta un alto grado de endemismos. Esta provincia tiene 4 subprovincias en el estado de Michoacán: la Cordillera Costera del Sur, la Depresión del Balsas, las Costas del Sur y la Depresión de Tepalcatepec. (*ibid*)

La provincia del Eje Neovolcánico se puede caracterizar como una gran masa de rocas volcánicas de diversos tipos, acumulada en innumerables y sucesivos episodios volcánicos iniciados desde mediados del Terciario hasta el presente. La zona está integrada por grandes sierras volcánicas y coladas lávicas. Otro rasgo esencial de la provincia, lo constituyen las amplias cuencas cerradas ocupadas por lagos, como: Pátzcuaro, Cuitzeo, Totolcingo, entre otros, y/o por depósitos de lagos antiguos como los de Zumpango, Chalco, Xochimilco, entre otros. En esta región, se localiza casi la totalidad de la cuenca del río Lerma, pues sólo quedan fuera de ella los afluentes que proceden de la Mesa del Centro (*ibid*). En su paso por Michoacán se hallan seis subprovincias:

- Neovolcánica Tarasca
- Sierras y Bajíos Michoacanos
- Mil Cumbres
- Escarpa Limítrofe del Sur
- Chapala
- Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo

La ciudad de Morelia esta comprendida por las subprovincias de Sierras y Bajíos Michoacanos, la Neovolcánica Tarasca, Mil cumbres y la Depresión del Balsas. Las tres

primeras pertenecen a la provincia del Eje Neovolcánico y la tercera de la Sierra Madre del Sur (*ibid*).

La zona de estudio se encuentra entre las subprovincias Neovolcánica Tarasca y Mil cumbres. La primera, se caracteriza por un vulcanismo reciente (Plioceno-Cuaternario) muy particular, la mayor parte de su extensión está clasificada como Sierra Volcánica con llanuras. En general, los suelos son jóvenes, se formaron de manera residual, en su mayoría lo hicieron a partir de cenizas volcánicas, producto de las erupciones más recientes en el periodo Cuaternario y también de rocas basálticas, tobas, brechas y andesitas. Más de la mitad son suelos profundos, en algunos casos pedregosos y gravosos; la cuarta parte son suelos delgados y en menor proporción, están los someros. Los suelos más importantes de la región son los Andosoles, derivados de cenizas volcánicas, ocupan una superficie de 4888.95 km²; se presentan en sierras, mesetas y lomeríos, en general son profundos, negros y pardo-rojizos. La subprovincia de Mil Cumbres se caracteriza por ser una región accidentada y complicada por la diversidad de sus geoformas, como son: sierras volcánicas complejas, mesetas lávicas escalonadas, lomeríos basálticos y el valle por el cual el río Lerma se dirige al norte, hacia la presa Solís. Presenta agrestes paisajes formados por bosques de coníferas en una compleja topografía. Clima y geología condicionan la formación de suelos cuyo origen volcánico es dominante para los Andosoles y residual para Litosol, Regosol y suelos rojos arcillosos. (*ibid*)

4.1.3 Geología

Todas las montañas que se encuentran alrededor de Morelia son de origen volcánico, extendiendo dos principales tipos de rocas: las ígneas extrusivas y las sedimentarias. Las primeras son las más abundantes y destacan los siguientes tipos (Guevara, F, 1995).

- *Andesitas*. Se localizan en pocos afloramientos, uno cerca de Puerto de los Copales y el otro al pie del Cerro Viejo. Las tobas andesíticas se encuentran en el Km 16.4 de la carretera de Morelia-Mil Cumbres sobreyaciendo a las andesitas, y formando la parte interior del banco desde las lomas de Santa María hasta Santiago Undameo; así como en la confluencia del arroyo de Agua Zarca con el río Chiquito.
- *Riolitas*. Afloran en el Km 7 de la carretera Morelia-Mil cumbres, en los márgenes del río Chiquito, Jesús del Monte y el Cerro de la Presa; en el arroyo de Carindapaz, en los contrafuertes del Cerro Azul, en la Huerta, en la cascada de Santa María, en Santa Rosalía y en los Cerros de Atécuaro o de las Ánimas.
- *Basaltos*. Se extienden en corrientes a partir de numerosos focos como el Quinceo, las Tetas del Quinceo el Cerro Pelón, Cerro del Águila, Cerro de San Andrés y Cerro de Punhuato.

- *Tezontles*. Están asociados a las formaciones basálticas en la región de Tacícuaro.

Dentro de las rocas sedimentarias destacan. (*ibid*)

- *Bancos de ceniza volcánica*. Se ubican cerca de Charo y Quirio.
- *Conglomerados*. Afloran cerca del manantial de Agua Caliente y en los alrededores de San Miguel del Monte.
- *Areniscas*. Sobreyacen a las tobas riolíticas de El Zapote y Santiguito, en una porción al Suroeste de la ciudad de Morelia, así como en los alrededores de Charo, Quirio, cerca de Tacícuaro y el Cerro Pelón.
- *Aluviones*. Se distribuyen en los cauces de los arroyos y se extienden hasta las planicies.

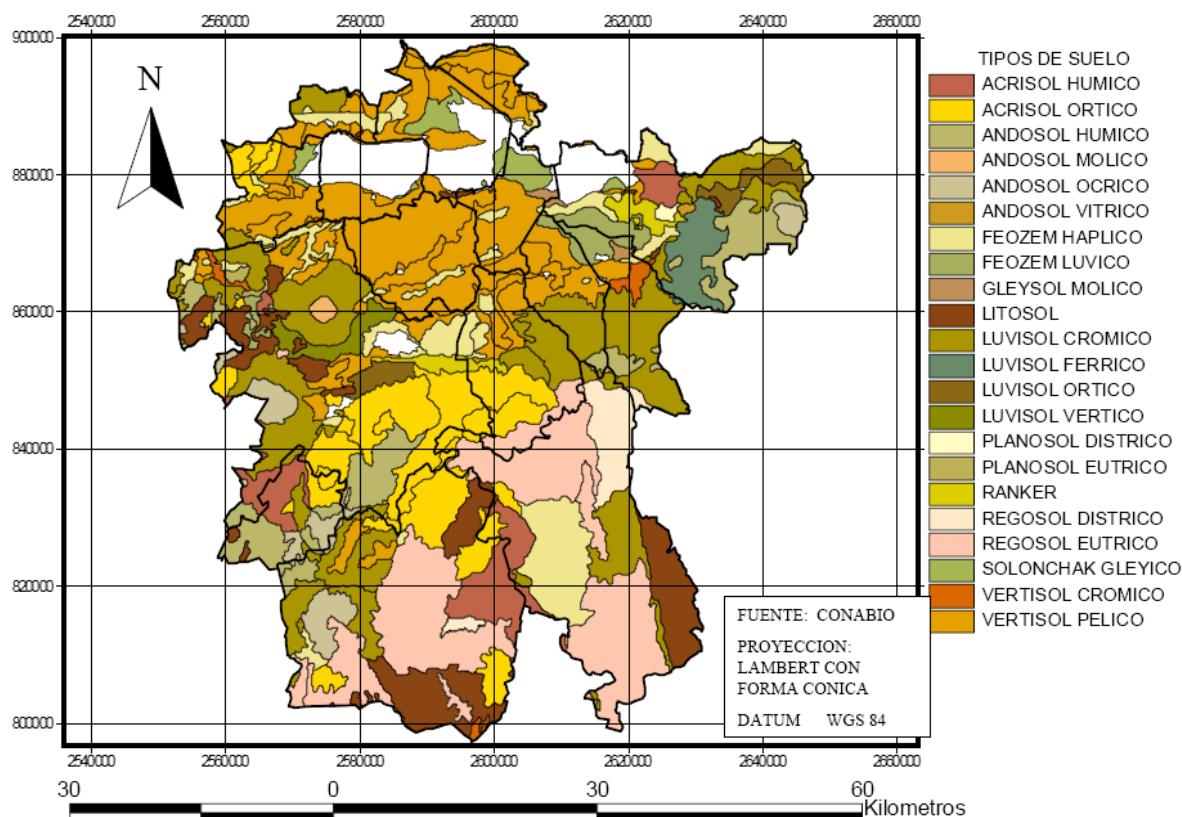
4.1.4 Suelos

Sus suelos datan de períodos del cenozoico, terciario y cuaternario siendo representados por los tipos de: Luvisol 19,6%, Vertisol 19,3%, Regosol 15,3%, Acrisol 14,5%, Feozem 8,5%, Andosol 7,9%, Litosol 6,4%, otros 2,9% y poblados y cuerpos de agua 5,6%, tal como se puede observar en el (Figura 3). (Secretaría de Educación de Michoacán, 2003 y www.sedagro.michoacan.gob.mx).

Los **luvisoles** se caracterizan por tener un enriquecimiento de arcilla en el subsuelo, pero son más fértiles y menos ácidos que éstos. Se localizan en la base y alrededores del Cerro de Quinceo, hasta la Concepción y San Lorenzo Itzcícuaro; hacia el Oeste de la ciudad de Morelia, por el rumbo del Parian, Cointzio, Tacícuaro, Capula, San José Coapa y Tiripetío; la parte Sur y Sureste de Morelia, por Zimpanio, el Durazno y Jesús del Monte, casi hasta Atécuaro. Son frecuentes entre los 2000 y 2300 m.s.n.m. y sostienen vegetación de bosque tropical caducifolio, bosque de encinos y sus respectivas asociaciones secundarias. Son suelos de alta susceptibilidad a la erosión. (Guevara, F, 1995)

Los **vertisoles** se caracterizan por presentar grietas anchas y profundas que aparecen en ellos en la época de sequía, son muy arcillosos, pegajosos cuando están húmedos y muy duros cuando están secos. Se extienden desde el Norte de Quinceo a Tarímbaro, Uruétaro, Charo, bajando a Zurumbeneo; hacia el Oeste hasta San José Itzcícuaro, la Mintzita, San Juanito Itzcícuaro, y hacia el Sur por Ciudad Universitaria, Santa María de Guido, Emiliano Zapata, la Tenencia Morelos, Noriega, la Estancia, Lagunillas, Huiramba y Acuitzio. Se localizan en las partes bajas, entre los 1900 y 2000 m.s.n.m. de altitud. La vegetación natural de estos suelos albergaba al Bosque Espinoso y hoy día a los pastizales y matorrales secundarios. Por lo general tienen muy baja susceptibilidad a la erosión (*ibid*).

Figura 3. Suelos de Morelia



Fuente: www.sedrago.michoacan.gob.mx

Los **regosoles** se caracterizan por no presentar capas distintas y por estar constituidos de materiales sueltos, se distribuyen en forma de pequeños manchones cerca de Zurumbeneo, entre los 2000 y 2100 m.s.n.m. de altitud. Su vegetación original es variada y presentan susceptibilidad a la erosión (*ibid*).

Los **acrisoles** se caracterizan por tener acumulaciones de arcilla en el subsuelo y por ser generalmente ácidos, se localizan en la parte suroeste de Huiramba a San Rafael Coapa, Acuitzio del Canje, San Carlos Coapa, hacia el Sur de Umécuaro, el margen Sur de la presa de Cointzio a Santa Mónica, en el Cerro de Las Animas, casi hasta Atécuaro; por el Este de Las Mesas hasta el Parque José Ma. Morelos, en el Km 23 de la carretera a Mil cumbres. Son comunes desde los 2000 hasta los 2500 m.s.n.m. En condiciones naturales sustentan vegetación de Bosque Tropical Caducifolio pero más comúnmente de Bosque de Pino y Encino. Son moderadamente susceptibles a la erosión (*ibid*).

Los **feozem** se caracterizan principalmente por tener una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y nutrientes, se localizan al Este y Noreste de Tacícuaro, la parte centro, Norte y Oeste de la ciudad de Morelia, hasta poco antes de Atapaneo, hacia Irapero y a manera de manchones en Santiaguito, la Aldea, Charo, Peña del Panal, Cuitzillo, entre San Nicolás Obispo y la Mintzita; del Sur de Tiripetío a Santiago Undameo y Santa Rosalía. Son frecuentes entre los 1900 y 2200 m.s.n.m. de altitud. Pueden presentar casi

cualquier tipo de vegetación en condiciones naturales. Su susceptibilidad a la erosión varía también en función de dichas condiciones (*ibid*).

Los **andosoles** se caracterizan por tener una capa superficial de color negro o muy oscuro y por ser de estructura esponjosa y muy sueltos, se desarrollan en áreas donde ha existido actividad volcánica reciente, puesto que se originan a partir de cenizas volcánicas. Se localizan en los cerros de Quinceo y las Tetillas y en manchones hacia el norte de San Nicolás Obispo; hacia el sureste de la zona de estudio, en el norte del río Bello, San Miguel del Monte, Cerro Azul, la Torrecilla, Atécuaro y Ichaqueo, al noreste del Cerro de la Nieve, así como también en el Cerro del Águila y Lagunillas. Se distribuyen entre los 2400 y los 2600 m.s.n.m. o más. En condiciones naturales sustentan bosques templados de pino, oyamel o encino. Son muy susceptibles a la erosión (*ibid*).

Los suelos **ranker** se caracterizan por tener una capa superficial oscura y rica en humus, pero ácida e infértil sobre la roca; se localizan en una franja hacia el sur de Morelia, que va desde Santa María de Guido hasta poco más al este de Unión Progreso. Son comunes entre los 2000 y 2300 m.s.n.m. y su vegetación natural es de bosque templado. Son muy susceptibles a la erosión cuando sufren desmontes ya que se hayan generalmente laderas (*ibid*).

Concretando en la caracterización de suelos para la zona de estudio, Ciudad Universitaria, se observa que los suelos que se encuentran son Vertisol pélico mezclado con Feozem háplico ($Vp+Hh/3$) (Gudiño, M, 1992).

El Vertisol pélico (Vp) se caracteriza por su textura pesada, por la formación de grietas profundas la mayor parte del tiempo y por su intensidad de color, así como por la estructura de bloques que se llega a observar en microrrelieve. Son suelos agrícolas muy productivos (*ibid*).

El Feozem háplico (Hh) es un suelo que tiene una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y nutrientes, que va disminuyendo con la profundidad. Por lo general, es un suelo moderadamente ácido, utilizado en la agricultura de riego y temporal, se encuentra en varias condiciones climáticas presentando cualquier tipo de vegetación (*ibid*).

4.1.5 Hidrología

Morelia pertenece a la cuenca de Cuitzeo que comprende parte de la microcuenca del río Grande y parte de la del río Chiquito, entre otras, que a su vez puede ser considerada como subcuenca del sistema hidrológico del río Lerma (Guevara, F, 1995).

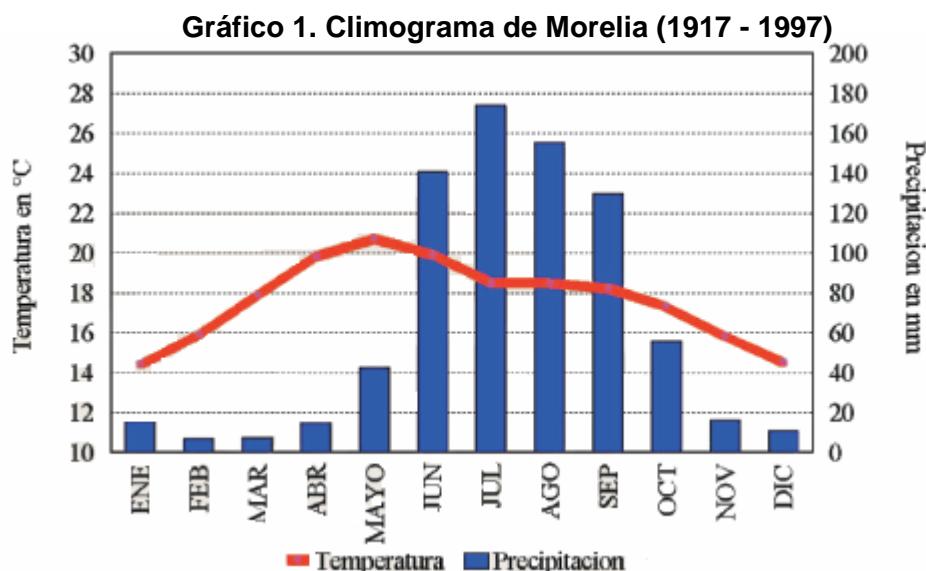
El principal río, es el río Grande que nace al Sureste de Acuitzio, tiene un trayecto de unos 26 Km aproximadamente con rumbo 21° hasta Morelia, de donde recorre 25 Km con dirección general Norte 47°30', posteriormente se desvía hacia el poniente y hacia el

Suroeste, describiendo casi una semicircunferencia y toma una dirección Norte-Noreste para desaguar en el Lago de Cuitzeo. Este río es permanente, alimenta a numerosos manantiales y escurrimientos cerca del lugar de su nacimiento, a medida que va avanzando se le unen diversos arroyos como el de Lagunillas, Tirio, Riconada, la Huerta y la Quemada, hasta llegar a Morelia donde se une con el río Chiquito, su principal afluente. Pasado Morelia, se le unen otros arroyos como los de Cuadrilla, Agua Escondida, Salitre, Peral y Carindapaz (Guevara, F, 1995).

4.1.6 Clima

Según Enríqueta García, 1988, y Laura Elena Maderey, 1982, Morelia, y por tanto Ciudad Universitaria (CU), tienen una clasificación climática del tipo **Cwb**, es decir un clima templado, subhúmedo, con lluvias en verano e inviernos secos, dónde la temperatura del mes mas cálido oscila entre los 10°C y los 22°C , llegando a su máximo antes del solsticio de verano, y la media mensual del mes más frío esta entre los -3°C y los 18°C.

La precipitación anual es de 775.8 mm³ y la temperatura oscila entre los 14 y los 42°C. Tal y como puede observarse en el Gráfico 1, el mes de mayor precipitación corresponde a julio con valores cercanos a 170 mm, por el contrario el de menor precipitación corresponde a febrero y marzo con valores inferiores a los 5 mm. En cuanto a la temperatura, el mes de más calor es mayo y los de más frío son diciembre y enero (Guevara, F, 1995).



(Fuente: Villaseñor, L.., 2005)

4.2 MEDIO BIÓTICO

4.2.1 Vegetación

El municipio de Morelia cuenta en sus alrededores con 11 tipos de vegetación o agrupaciones vegetales primarias, que son: el bosque espinoso, el matorral subtropical, el pastizal, el bosque de encino, el bosque de pino, el bosque de oyamel, el bosque mesófilo de montaña, el bosque tropical caducifolio, el bosque de galería, la vegetación acuática y subacuática y las comunidades arvenses (Guevara, F, 1995).

4.2.1.1 Bosque espinoso

El bosque espinoso constituye una comunidad vegetal abierta con predominio de árboles espinosos y de porte bajo de 2 a 6 m de altura que se establecen en los terrenos planos de la región, sobre suelos aluviales profundos, muy arcillosos (vertisoles) en altitudes de 1900 a 2000 m.s.n.m.

En la actualidad, este tipo de vegetación se encuentra escasamente representada ya que ha sido sustituida por parcelas agrícolas y ha sido fuertemente alterada por el sobrepastoreo y por la extracción de madera, especialmente de mezquite (*Prosopis juliflora*) que es una especie muy apreciada como combustible y para la construcción. Vestigios de este tipo de vegetación se limitan a pequeños manchones en pequeñas áreas cercanas a la base de algunos cerros (Guevara, F, 1995).

Este tipo de bosque está compuesto por tres estratos, el arbóreo, el arbustivo y el herbáceo. En el primer estrato predominan especies como: *Prosopis juliflora*, *Acacia farnesiana*, *Acacia shaffner* y *Opuntia* ssp.

Mientras que en el estrato arbustivo se observan: *Bouvardia multiflora*, *Condalia velutina*, *Forestiera phillyreoides*, *Lantana velutina*, *Mandevillea foliosa* y *Pisoniella arborescens*.

Finalmente en el estrato herbáceo las especies más frecuentes son: *Aster subulatus*, *Cirsium raphilepis*, *Erigeron longipes*, *Eryngium carlinae*, *Lepidium virginicum*, *Lytrhumm vulneraria*, *Solanum fructu-tecto* y *Stachis parvifolia*.

4.2.1.2 Matorral subtropical

El matorral subtropical constituye una fase de sucesión relativamente estable del bosque tropical caducifolio, el cual se caracteriza por el predominio de arbustos y pequeños árboles en su mayoría caducifolios y de alturas de 3 a 6 m. Se localiza en el centro-Este y Noreste del distrito de Morelia entre los 1800 y 2000 m.s.n.m., casi siempre sobre terrenos poco empinados muy pedregosos y sobre rocas volcánicas, se distribuye alrededor de todo

el Valle. Se encuentra distribuido irregularmente en el Cerro del Quinceo, Tetillas del Quinceo, Punhuato y faldas de los mismos mezclado con pastizal inducido (Guevara, F, 1995 y www.morelia.com.mx).

En el estrato arbóreo son comunes: *Acacia farnesiana*, *Acacia pennatula*, *Acacia schaffneri*, *Bursera fagaroides*, *Celtis caudata*, *Forestiera phillyreoides*, *Ipomoea mururoides* y *Opuntia* ssp entre otras.

Mientras que en el estrato arbustiva predominan especies como: *Acacia farnesiana*, *Anisacanthus quadrifidus*, *Calliandra Formosa*, *Celtis caudata*, *Eritrina breviflora*, *Eresine grandis*, *Salvia keerlii*, *Trixis michuacana*, *Venonia paniculata* y *Vigueria quinqueradiata*.

En el estrato herbáceo hay una mayor variedad de especies, algunas de las cuales son: *Aegopogon tenellus*, *Clematis dioica*, *Dyssodia papposa*, *Evolvus alsinoides*, *Heterosperma pinnatum*, *Oplismenus burmanni*, *Salvia riparia*, *Senecioheracleifolius*, *Sporuobulusatrovirens* y *Tagetes lucida*.

4.2.1.3 Pastizales

La mayor parte de los pastizales que aparecen en el área son debido a las perturbaciones por quema o sobrepastoreo, de diferentes tipos de vegetación, principalmente del bosque tropical caducifolio. Las zonas más afectadas por su mayor erosión, son los lomeríos cercanos a las zonas agrícolas y urbanas.

Este tipo de pastizal presenta una cobertura más o menos continua de 20 a 50 cm de alto con una buena diversidad de graminoides, entre las que destacan: *Andropogon gerardii*, *Asistida adscensionis*, *Botriochloa hirtifolia*, *Chloris submutica*, *Digitaria argillaceae*, *Eleusine indica*, *Hilaria centchroides*, *Lycurus phalaroides*, *Microchloa kunthii* y *Panicum halli* (Guevara, F, 1995 y www.morelia.com.mx).

La cubierta de zacates⁷ acompaña a algunas eminencias arbóreas de plantas útiles como: *Ipomoea mururoides*, *Eysenhardtia polystachya* y *Opuntia* ssp.

Cuando el pastizal se protege del pastoreo se favorece el establecimiento de un matorral espinoso con especies dominantes en el estrato arbustivo de la familia de las Mimosaceae como por ejemplo la *Acacia farnesiana*, la *A. pennatula* y la *A. schaffneri*.

4.2.1.4 Bosque de encino

El bosque de encino se localiza hacia el Sur y hacia el Oeste del municipio de Morelia, sobre las faldas de los cerros en altitudes de 2000 a 2600 m.s.n.m., limita al norte con el bosque tropical caducifolio y al sur con el bosque de pino. Se encuentra en forma de

⁷ El zacate en México es el pasto.

manchones sobre afloramientos principalmente rocas basálticas o riolíticas, en suelos someros pedregosos de colores pardos, con abundante hojarasca, del tipo luvisol, litosol y acrisol. Por estar cerca de la ciudad de Morelia son los más explotados y destruidos dando lugar a la formación de pastizales secundarios que se utilizan para la ganadería (Guevara, F, 1995 y www.morelia.com.mx).

Presenta tres variantes de acuerdo con la altitud y la humedad.

- La primera de menos altitud y más seca, va de los 2100 a los 2400 m.s.n.m. Es la que cubre mayor superficie y constituye un bosque bajo y cerrado de 4 a 8 m de altura, las especies dominantes en el estrato arbóreo son: *Arbutus glandulosa*, *Quercus obtusata*, *Bursera bipinnata*, *Quercus glaucoidea*, *Garrya laurifolia*, *Quercus laeta*, *Quercus castanea* y *Quercus mexicana*. El estrato arbustivo se caracteriza por tener especies de alturas de 1 a 3 metros entre las que destacan varios tipos de *Quercus*: *Q. castanea*, *Q. obtusata* y *Q. glaucoidea* entre otros, así como otras especies: *Acacia farnesiana*, *Lantana camara*, *Croton morifolius* y *Trixis michuacan*. Finalmente el estrato herbáceo es muy diverso e incluye numerosas especies de las familias Compositae, Gramineae y Labiatae.
- La segunda variante del bosque de encino, se distribuye cerca de los 2400 m de altitud y se localiza principalmente en los límites Sur y oriental de la zona de estudio, en laderas de mediana a fuerte pendiente hacia la zona de transición con el bosque de pino que ocupa el piso altitudinal superior y en donde son comunes las mezclas de:
 - Bosque de pino-encino, con especies como: *Quercus rugosa*, *Q. crassipes*, *Q. canicans*, *Q. magnoliifolia* y *Pinus leiophilla*, *P. michoacana*, *P. montezumae* y *P. pseudostrobus*.
 - *Bosque mesófilo de montaña* de barrancas y cañadas protegidas donde *Quercus laurina* es el encino más común.
- El tercer y último tipo de vegetación se encuentra en grave estado de perturbación debido a la tala, quema y extracción inmoderada de madera principalmente para combustión, por eso hoy sólo se localizan modestos enclaves más o menos conservados en las partes más altas y alejadas.

La sucesión secundaria en estas tres variantes de bosque de encino, da lugar a una mezcla de matorral-pastizal que cubre grandes extensiones de terreno dedicadas al libre pastoreo, sobre todo la variante de menor altitud.

4.2.1.5 Bosque de pino

Un quinto tipo de vegetación existente en el municipio de Morelia, es el bosque de pino que se distribuye del centro al Sur y hacia el Este, en altitudes desde los 2100 a los 2600 m.s.n.m. Se localiza cerca de los parteaguas de las montañas que la bordean, sobre sustrato ígneo de tipo basáltico, en laderas de mediana a fuerte pendiente. Se sostiene sobre suelos más o menos profundos del tipo andosol y acrisol o bien sobre litosoles de áreas pedregosas, de colores pardos a oscuros de textura migaron-arcillosa, con abundante materia orgánica (Guevara, F, 1995).

Este tipo de vegetación está constituido por 4 estratos bien definidos, dos comunidades arbóreas, una arbustiva y finalmente la herbácea. La primera arbórea tiene una altura de 15 a 25 m de altura y se encuentran básicamente especies de pino tales como: *Pinus leiophylla*, *P. martinezii*, *P. lauwanii*, *P. teocote*, *P. michoacana*, *P. douglasiana* y *P. montezumae*. El segundo estrato arbóreo lo componen especies de 5 a 8 m de alto, algunas de las cuales son: *Arbutus glandulosa*, *Garrya laurifolia*, *Crataegus pubescens* e *Ilex brandegeana*.

El tercer estrato, es el arbustivo, mide entre uno y medio metro y se halla representando por especies como: *Baccharis heterophylla*, *Calliandra anomala*, *Eupatorium areolare*, *Lantana velutina*, *Loeselia mexicana* *Monnieria schlechtendaliana*, *Myrica mexicana*, *Rumfordia floribunda*, *Russelia polyedra* y *Senecio salignus*, entre otras.

El último estrato, el herbáceo, es rico tanto en plantas anuales como en perennes, sobre todo en los lugares más húmedos y protegidos. Algunas de las plantas que lo representan son: *Apium leptophyllum*, *Castilleja tenuiflora*, *Cheilanthes angustifolia*, *Paspalum paniculatum*, *Pleopeltis polylepis*, *Muhlenbergia implicata*, *Salvia elegans* y *Trachypogon montufari*.

4.2.1.6 Bosque de oyamel

El bosque de oyamel se localiza hacia el centro-Este del municipio. Se encuentra en las montañas de altitudes entre los 2500 y los 3000 m.s.n.m., a lo largo de enclaves protegidos, en suelos de tipos andosol ricos en nutrientes y en donde la humedad del mismo y del aire, es elevado. Aunque existen pequeñas áreas conservadas, la mayor parte del bosque de oyamel ha sufrido una sobreexplotación forestal debida principalmente a la tala, extracción de madera y fuegos inmoderados (Guevara, F, 1995 y www.sedagro.michoacan.gob.mx).

La comunidad vegetal presenta un estrato arbóreo superior de 15 y hasta 30 o más metros de altura, donde se encuentran especies del género *Abies* como: *Abies religiosa* y *Abies religiosa var. emarginata*. Con frecuencia el bosque de oyamel presenta rodales casi

puros, pero a veces se entremezcla con el bosque de pino, el bosque de encino o bien con el bosque mesófilo de montaña y es por eso, que se encuentra un segundo estrato arbóreo, donde se hayan especies como: *Alnus acuminata*, *Buddleia parviflora*, *Clethra pringeli*, *Cleyera integrifolia*, *Quercus candicans*, *Quercus laurina*, *Pinus michoacana* y *Pinus montezumae*.

En el estrato arbustivo destacan especies como: *Eupatorium mairetianum*, *Fuchsia arborescens*, *Pernettya ciliata*, *Rumfordia floribunda*, *Salvia gesneriflora*, *Senecio barbajohannis*, *Solanum nigrescens*, *Symporicarpus microphyllus* y *Verbesina oncophora*.

Finalmente el estrato herbáceo es muy rico en especies y existe una gran abundancia de musgos, líquenes y hongos. Las especies de plantas vasculares más comunes son: *Adiantum andicola*, *Aegopogon cenchroides*, *Carex volcanica*, *Dryopteris patula*, *Geranium seemanii*, *Habenaria entomantha*, *Linux orizabae*, *Ranunculus geoides*, *Rumex obtusifolius* y *Salvia elegans*.

4.2.1.7 Bosque mesófilo de montaña

El bosque mesófilo de montaña se ubica principalmente hacia el centro-Este del distrito de Morelia y a menudo se mezcla con los bosques de oyamel y con el de pino-encino, generando áreas de transición particularmente diversas. Se distribuye principalmente de los 2400 a los 2800 m.s.n.m.; situándose en el fondo de barrancas y enclaves protegidos de los vientos y la fuerte insolación, donde la humedad del aire y del suelo son relativamente elevadas. Normalmente, se encuentra en terrenos de mediana a fuerte pendiente sobre sustrato ígneo de rocas basálticas, andesíticas o riolíticas Los suelos dominantes son de tipo andosol y en menor escala acrisol (Guevara, F, 1995 y www.morelia.com.mx).

Este bosque constituye una comunidad densa con el dosel superior formado por copas entrelazadas, que provocan un efecto de penumbra en el interior de la misma. En el estrato arbóreo puede diferenciarse un nivel superior de aproximadamente 20 m y otro de 8 a 15 m de altura. Referente a las especies arbóreas destacan: *Fraxinus uhdei*, *Fuchsia arborescens*, *Garrya laurifolia*, *Meliosma dentata*, *Quercus crassipes*, *Quercus laurina*, *Quercus rugosa*, *Pinus pseudostrobus*, *Simplocos prionophylla* y *Ternstroemia pringlei*.

El estrato arbustivo mide de 1 a 3 metros de altura, en él se encuentran especies como: *Agastache mexicana*, *Baccharis conferta*, *Calea integrifolia*, *Eupatorium aschenbournianum*, *Eupatorium mairetianum*, *Salvia elegans*, *Senecio albonervius*, *Senecio angulifolius*, *Symporicarpus microphyllus* y *Smilax moranensis*.

Finalmente cabe destacar, que el estrato herbáceo tiene una gran variedad de especies debido a la elevada humedad ambiental, debido a esto prosperan muchas epifitas,

particularmente especies de orquídeas, helechos, musgos, líquenes y hongos. Algunas de las especies son: *Castilleja arvensis*, *Solanum appendiculatum*, *Geranium latum*, *Stellaria cuspidata*, *Phaseolus predicellatus*, *Tillandsia recurvada*, *Polypodium cupreolepis* y *Valeriana clematitidis*.

4.2.1.8 Bosque tropical caducifolio

El bosque tropical caducifolio, se ubica al Sudeste del municipio de Morelia a alturas entre los 1900 y los 2100 m.s.n.m. Normalmente, se halla en forma de manchones principalmente en el fondo de barrancas y lomeríos de difícil acceso, sobre sustrato ígneo de rocas tanto basálticas como riolíticas. Se encuentra por encima del límite del bosque espinoso y por debajo del bosque de encino. Los suelos en los que se desarrolla son someros de color pardo a castaño y de texturas arenoso-arcillosa pedregoso. La estratificación, densidad, cobertura y composición de las especies, varían notoriamente con el grado de perturbación al cual ha estado sometido desde tiempos inmemoriales (Guevara, F., 1995 y www.morelia.com.mx).

Esta formación consta de dos estratos arbóreos, que se mezclan con cactáceas arborescentes en lomeríos con fuertes taludes y áreas pedregosas, así como, de un estrato arbustivo y otro herbáceo. El estrato arbóreo superior mide de 6 a 8 m de altura, en él se pueden distinguir algunas eminencias aisladas de 10 y 12 m, algunas de las especies que lo forman son: *Cederla dugesii*, *Lysiloma acapulcensis*, *Erethia latifolia*, *Pistacia mexicana* y algunas de las cactáceas son *Stenocereus dumortieri*, *Opuntia spp* y *Stenocereus queretaroensis*. El segundo estrato arbóreo, lo constituyen especies de 4 a 8 m de alto siendo las más destacadas: *Aralia humilis*, *Agonandra racemosa*, *Bursera bipinnata*, *Ciba aesculifolia*, *Eritrina coralloides*, *Lysiloma microphylla* y *Yucca filifera*.

El estrato arbustivo es muy similar al del matorral subtropical explicado anteriormente, mientras que el herbáceo es muy diverso en especies, algunas de las principales especies que lo representan son: *Asistida appressa*, *Bidens aurea*, *Digitaria temata*, *Eleusine indica*, *Florestina pedata*, *Galeana pratensis*, *Laelia autumnalis*, *Lycurus phalaroides*, *Mirabilis jalapa* y *Tillandsia ssp*.

4.2.1.9 Bosque de galería

El bosque de galería se desarrolla como una comunidad arbórea a lo largo de corrientes permanentes o temporales de agua, se distribuye principalmente a lo largo de los cauces de los principales ríos, como por ejemplo el Río Chiquito y el Grande de Morelia, en las zonas de manantiales como en Cointzio y en algunos pequeños enclaves de cañadas, la estructura y composición florística varía con el sitio, pero en la zona de estudio predominan

en el estrato arbóreo con especies como: *Hacer negundo*, *Agnus acuminata*, *Fraxinus uhdei*, *Salix bonplandiana* y *Taxodium mucronatum* (Guevara, F., 1995).

Este tipo de vegetación ha sufrido muchos impactos debidos a las actividades humanas, debido a esto, las poblaciones de las especies arbóreas son cada vez más escasas, especialmente las de *Taxodium mucronatum* y *Acer negundo* que prácticamente han desaparecido del municipio de Morelia.

4.2.1.10 Vegetación acuática y subacuática

La vegetación acuática y subacuática se encuentra al Noreste del distrito de Morelia. Las asociaciones de vegetación más comunes están constituidas por formas de vida arraigadas-emergentes, arraigadas-flotantes (*Nyphaea mexicana*) y arraigadas-sumergidas (*Potamogeton pectinatus*). Las primeras se constituyen por el Tular (*Typha latifolia* y *Typha dominguensis*) como especie dominante y frecuentemente asociada a esta se encuentran especies como *Agrostis semiverticellata*, *Bidens lavéis*, *Cyperus ochraceus*, *Eleocharis densa*, *Hydrocotyle verticellata*, *Leersia hexandra*, *Polypogon hidropiperoides* y *Oplismenus burmanii*, entre otras (Guevara, F, 1995 y www.morelia.com.mx).

Un cuarto tipo de asociación son las plantas libres flotantes, de las que son comunes los helechos como la *Azolla mexicana* y la *Marsilea mollis*, sobre todo en charcas y estanques; así como el lirio acuático *Eichornia crassipes*, el cual puede ser tan abundante que incluso llega obstruir los canales de riego y tapizar completamente los estanques.

4.2.1.11 Comunidades de arvenses

Finalmente, es necesario nombrar las comunidades de arvenses asociadas a los cultivos (malezas), que aparecen debido al fuerte impacto que sobre la vegetación, ha provocado la expansión agrícola, urbana e industrial, así como por la tala, quema incontrolada y el sobrepastoreo. La totalidad de los tipos de vegetación en la mayor parte del área, se encuentran en distintas fases de la sucesión ecológica secundaria y constituyen un mosaico muy complejo y heterogéneo de comunidades secundarias de difícil caracterización (Guevara, F, 1995 y www.morelia.com.mx). Dentro de las más de cien especies presentes en el cultivo de maíz de temporal son abundantes las siguientes: *Argemone ochroleuca*, *Bidens pilosa*, *Chenopodium album*, *Eragrostis mexicana*, *Galinsoga parviflora*, *Ipomoea purpurea*, *Jaltomata procumbens*, *Lopezia racemosa*, *Melanpodium divaricatum*, *Rumex crispus* y *Setaria geniculata*.

4.2.2 Fauna

La biodiversidad faunística del estado de Michoacán⁸ esta compuesta por 80 familias de peces, que comprenden 107 especies, 9 familias de anfibios compuestas por 42 especies, 24 familias de reptiles que comprenden 138 especies, 72 familias de aves con 547 especies y de 26 familias de mamíferos con 160 especies (Medina, M., Hualuz, D., Villaseñor, L., Muñoz, A., et al, 2005).

4.2.2.1 Peces

Del total de las 206 familias de peces reportadas para el país, 80 se encuentran registradas para Michoacán: 64 son marinas, 7 dulceacuícolas y 9 habitan las aguas salobres. El listado completo comprende 179 géneros y 351 especies. En cuanto a las 506 especies de aguas epicontinentales que se han reportado en el país, para Michoacán se conocen 95, lo que representa un 18% (*ibid*).

En función de las cuencas hidrográficas y a la distribución de los peces se ha propuesto la división del Estado en tres zonas ictiogeográficas que son Lerma-Chapala, Balsas-Tepalcatepec y Costera. En la región del Lerma-Chapala, el porcentaje de especies endémicas se eleva al 37,5% de las especies conocidas, mientras que para la región del Balsas el nivel de endemismo es de 12,5%. Algunos ejemplos son: *Chirostoma grandocule*, *Chirostoma attenuatum*, *C. jordani*, *C. estor estor*, *C. humboldtianum*, *C. Lucius*, *Goodea atripinnis*, *Xenotoca variata*, *Alloophorus robustus*, *Algansea tincella*, *Algansea lacustris*, *Hubbsina turneri* (*ibid*).

La NOM-ECOL-0059-2001 Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo define cuatro categorías de protección para las especies de flora y fauna, en el caso de los peces se encuentran 5 especies en peligro de extinción (P), como por ejemplo la *Chirostoma charari* y la *Hubbsina turneri*, 10 amenazadas (A) como la *Allotoca dugesi* y la *Skiffia bilineata*, 2 sujetas a protección especial (Pr) y ninguna probablemente extinta en el medio silvestre (E), del resto de especies no hay información suficiente o bien no requieren de ningún tipo de protección (*ibid*).

4.2.2.2 Anfibios

Respecto a los anfibios, de las 42 especies, 34 pertenecen al orden Anura (ranas) y 8 al orden Urodela (salamandras, ajolotes o achoques). Estas especies se agrupan en 9 familias, 7 para el orden de Anura y 2 para el orden de Urodela, las que contienen mayor

⁸ En base a las listas con fuente UMSNH del Anexo de *La Biodiversidad en Michoacán, estudio del Estado*, 2005.

número de especies son Leptodactylidae con 10 especies, Hylidae con 9 y Ranidae con 6, todas ellas pertenecientes al orden Anura (*ibid*).

Respecto a la NOM-ECOL-0059-2001, hay 16 especies sujetas a protección especial (Pr), dos amenazadas (A) y el resto no están amenazadas. Es importante destacar que número de endemismo en esta categoría es muy elevado, siendo 22 las especies endémicas lo que representa un total de 53.38% del total de las especies de anfibios. Algunos ejemplos se muestran a continuación (*ibid*).

Tabla 2. Especies de anfibios de Michoacán y estado de conservación

Familia	Especie	Conservación
Anura		
LEPTODACTYLIDAE	<i>Eleutherodactylus angustidigitorum</i>	Pr
	<i>Eleutherodactylus augusti</i>	
	<i>Leptodactylus labialis</i>	
HYLIDAE	<i>Hyla bistincta</i>	Pr
	<i>Hyla smaragdina</i>	Pr
	<i>Smilisca baudini</i>	
RANIDAE	<i>Rana dunnii</i>	Pr
	<i>Rana megapoda</i>	Pr
Urodea		
PLETHODONTIDAE	<i>Pseudoeurycea belli</i>	A
	<i>Pseudoeurycea longicauda</i>	Pr

Fuente: (Medina, M., Hualuz, D., Villaseñor, L., Muñoz, A., et al, 2005).

Elaboración propia.

4.2.2.3 Reptiles

En Michoacán se han encontrado 138 especies de reptiles agrupadas en 24 familias, las principales son Colubridae, Phrynosomatidae y Viperidae con 69, 18 y 10 especies respectivamente. En este grupo se encuentra un total de 87 especies endémicas además de 53 en régimen de protección especial (Pr), 17 amenazadas (A) y 3 en peligro de extinción (P) (*ibid*). Algunos ejemplos de reptiles son:

Tabla 3. Algunos reptiles del Estado y su estado de conservación

Familia	Especie	Conservación
COLUBRIDAE	<i>Conophis vittatus</i>	A
	<i>Geophis inexpectus</i>	Pr
	<i>Leptodeira annulata</i>	
	<i>Tantilla calamarina</i>	Pr
PHRYNOSOMATIDAE	<i>Phrynosoma asio</i>	Pr
	<i>Sceloporus aeneus</i>	

	<i>Sceloporus spinosus</i>	
	<i>Urosaurus bicarinatus</i>	
VIPERIDAE	<i>Agkistrodon bilineatus</i>	Pr
	<i>Crotalus basiliscos basiliscos</i>	Pr
	<i>Crotalus triseriatus triseriatus</i>	

Fuente: (Medina, M., Hualuz, D., Villaseñor, L., Muñoz, A., et al, 2005).

Elaboración propia.

4.2.2.4 Avifauna

Respecto a la avifauna, en el estado de Michoacán se encuentran 547 especies agrupadas en 72 familias, las principales por número de especies son Tyrannidae y Parulidae con 40 y Emberizidae con 37 especies. Del total de especies, 43 son endémicas, es decir, no rebasan los límites territoriales, 35 semiendémicas, son especies migratorias cuya distribución parte del año se restringe a México y 16 cuasiendémicas, la mayor parte de su distribución es en México pero también se encuentran en pocas localidades marginales en países vecinos como Estados Unidos, Guatemala y Belice. Esto posiciona a Michoacán en el cuarto lugar en diversidad avifaunística de México, conteniendo un 51,6% de las aves mexicanas. Algunos ejemplos de las familias mayoritarias en especies se muestran a continuación junto a su estado de conservación (*ibid*).

Tabla 4. Especies de avifauna de Michoacán junto a su estado de conservación

Familia	Especie	Conservación
TYRANNIDAE	<i>Xenotriccus mexicanus</i>	Pr
	<i>Contopus cooperi</i>	
	<i>Empidonax traillii</i>	
PARULIDAE	<i>Vermivora virginiae</i>	
	<i>Dendroica occidentalis</i>	
EMBERIZIDAE	<i>Geothlypis speciosa</i>	P
	<i>Amaurospiza concolor</i>	Pr
	<i>Aimophila humeralis</i>	
	<i>Spizella breweri</i>	

Fuente: (Medina, M., Hualuz, D., Villaseñor, L., Muñoz, A., et al, 2005).

Elaboración propia.

En cuanto a la estacionalidad de la avifauna Michoacana del total de las 547 especies, 292 son residentes permanentes, 3 son visitantes de verano (se encuentran en el estado de abril a septiembre), 171 son visitantes invernales (se encuentran de 8 a 9 meses en áreas tropicales y subtropicales), 24 se categorizar como visitantes, la mayoría de ellas son, marinas pelágicas, 7 son transitorias ya que son observadas raramente en su viaje de

migración, 47 constan de categorías mixtas con poblaciones residentes permanentes e invernales, finalmente, 3 son las especies sin categoría alguna debido a su registro dudoso.

4.2.2.5 Mamíferos

En cuanto a mamíferos, existen 160 especies en el Estado agrupadas en 26 familias, las principales son Muridae que contiene 31 especies, Phyllostomatidae con 29 y Vespertilionidae con 23. Del total de especies sólo 3 son endémicas (*Rhogeessa mira*, *Peromyscus winklemani*, *Zygogeomys trichopus*). (*ibid*).

La NOM-059-SEMARNAT-2001 reconoce como:

- Amenazadas las siguientes especies:
 - 2 de musaraña insectívora: la *Notiosorex crawfordi* y la *Megasorex giga*,
 - 2 de murciélagos: *Choeronycteris mexicana* y *Musonycteris mexicana*,
 - el oso hormiguero *Tamuanda mexicana*,
 - 2 de roedores: el coendú o tlacuache espinoso (*Coendou mexicanus*) y la ardilla voladora (*Glaucomys volans*) y
 - 3 especies de carnívoros: el yaguarundí (*Herpailurus yagouaroundi*); la nutria (*Lontra longicaudis*) y el zorrillo pigmeo (*Spilogale pygmaea*).
- En peligro de extinción, se han enlistado al murciélagos (*Enchistenes hartii*), a la tuza (*Zygogeomys trichopus*) y tres carnívoros: el jaguar (*Phantera onca*), el ocelote (*Leopardus pardalis*) y el tigrillo (*Leopardos wiedii*).
- Especies raras, las siguientes dos de murciélagos (*Rhogeessa mira* y *Molossops grenhalli*) y tres roedores (*Pappogeomys alcorni*, *Nelsonia neotomodon* y *Peromyscus winklemani*).

4.3 MEDIO SOCIAL

Con la finalidad de comprender y visualizar mejor el área de estudio, a continuación se describen las características sociales de la ciudad de Morelia, capital del estado de Michoacán, dónde se encuentra ubicada la Ciudad Universitaria.

4.3.1 Demografía

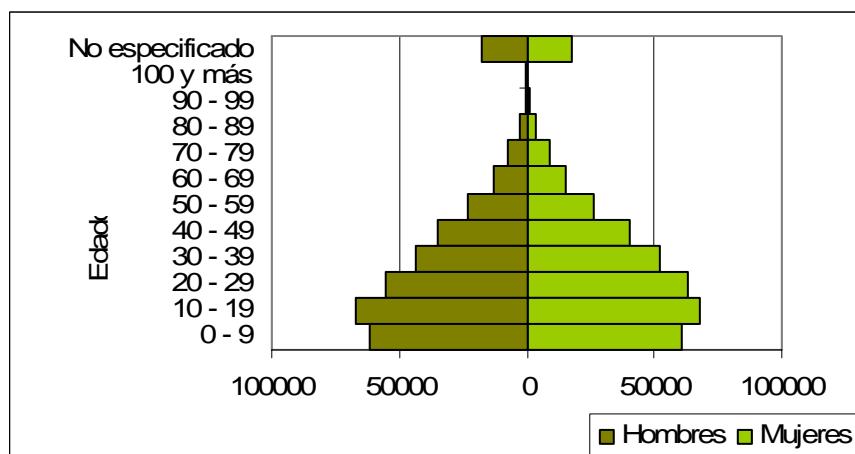
En la capital residen un total de 684.145⁹ personas repartidas en una superficie de 85 km², su densidad poblacional es, por tanto, de 7306,1¹⁰ hab/km². El Gráfico 2 muestra la distribución poblacional por edades y sexo en el año 2005, en la que se observa una forma

⁹ Datos de INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, 2005.

¹⁰ Dato de <http://es.wikipedia.org>.

piramidal de tipo expansiva, dónde la mayor parte de la población se sitúa entre los 0 y los 29 años, siendo por lo tanto, una población joven.

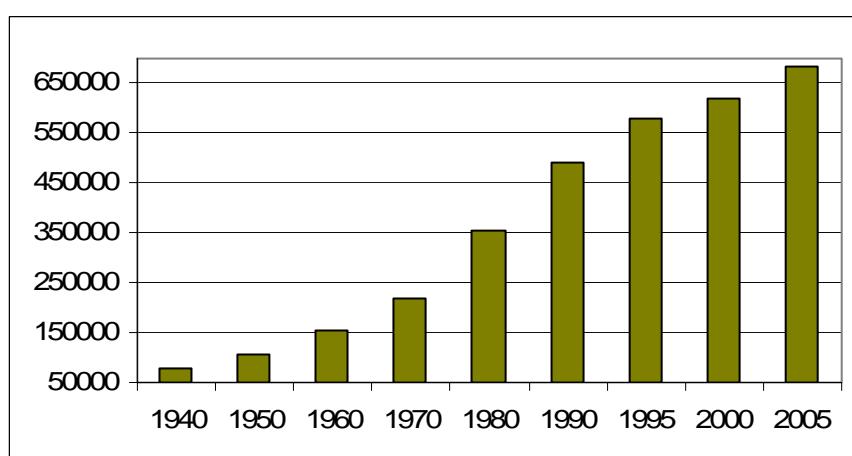
Gráfico 2. Pirámide poblacional de Morelia, 2005.



Elaboración propia. Fuente: www.inegi.gob.mx

Al ver la evolución poblacional que ha sufrido la ciudad desde 1940, se aprecia que en 65 años ha aumentado nueve veces su población, este crecimiento se ve reflejado en el Gráfico 3 dónde el eje horizontal muestra los años desde 1940 hasta el 2005, último conteo de población realizado, y el vertical muestra la población para cada año. La tasa de crecimiento anual para el período del 2000 al 2005 fue del 1,74%, superando así la del estado de Michoacán con valor de -0,09% y la nacional que se sitúa en el 1,02% (es.wikipedia.org).

Gráfico 3. Evolución poblacional de Morelia, 1940-2005



Elaboración propia. Fuente: es.wikipedia.org

4.3.2 Educación

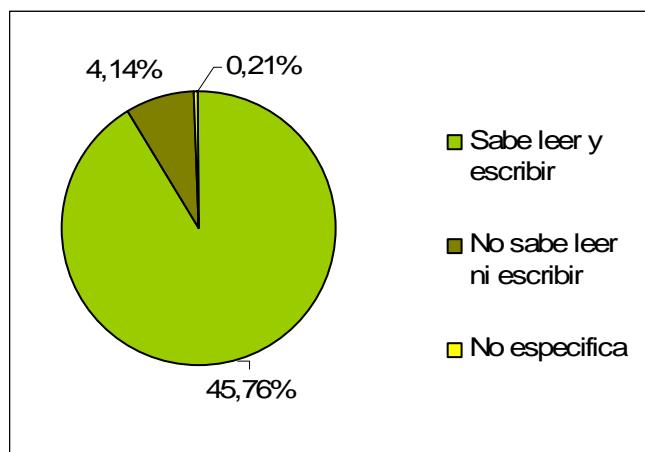
Morelia es sede de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo que es una universidad pública autónoma, fundada en 1917, esta institución es la más grande del estado de Michoacán, por sus diversas escuelas y facultades atiende poco más de 55,000 estudiantes. Otras instituciones públicas de nivel superior son: Instituto Tecnológico de

Morelia (1965), que atiende alrededor de 4,650 alumnos, el Instituto Tecnológico del Valle de Morelia (antes Tecnológico Agropecuario), La Escuela Normal, el Instituto Michoacano de Ciencias de la Educación y Universidad Tecnológica de Morelia (2000). Además se cuenta con instituciones privadas, entre las que destacan: la Universidad de Morelia (UDEM), la Universidad La Salle (1991), la Universidad Latina de América (1991), la Universidad Vasco de Quiroga, el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey campus Morelia (2000) y la Universidad Tec Milenio. (www.michoacan.gob.mx)

La ciudad, además, es sede de los institutos de investigación científica en Astronomía, Matemáticas y Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México. (*ibid*)

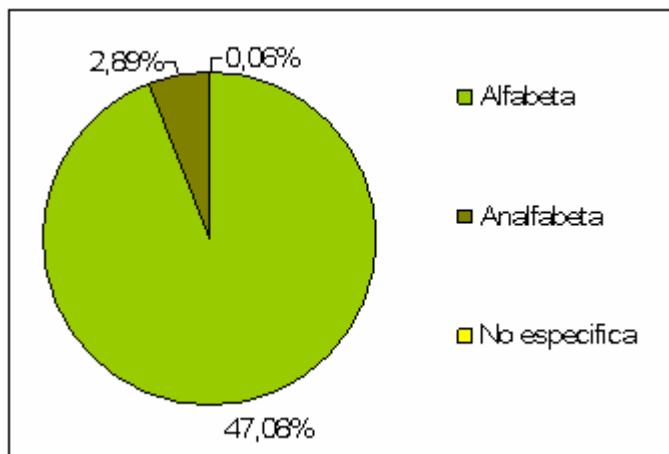
Las siguientes cifras muestran el estado de la población respecto a indicadores de educación, en el último censo realizado por el INEGI en el año 2005. El 45,76% de la población de 6 a 14 años sabe leer y escribir mientras que sólo el 4,14% no, los porcentajes sobre alfabetismos y analfabetismo en los ciudadanos mayores de 15 años son similares a los vistos en el Gráfico 4 y pueden verse en el Gráfico 5.

Gráfico 4. Población de 6 a 14 años que sabe leer y escribir, 2005.



Elaboración propia. Fuente: www.inegi.gob.mx

Gráfico 5. Condición de alfabetismo y analfabetismo de la población mayor de 15 años, 2005.



Elaboración propia. Fuente: www.inegi.gob.mx

4.3.3 Economía

De acuerdo al documento de Indicadores de Comercio al Mayoreo y al Menudeo, Estadísticas Económicas INEGI, publicado en julio de 1997, las actividades económicas del municipio, por sector, se distribuyen de la siguiente manera (www.michoacan.gob.mx):

- *Sector Primario.* Agricultura, ganadería, caza y pesca, 6,64%.
- *Sector Secundario.* Industria manufacturera, construcción, electricidad, 25,91%.
- *Sector Terciario.* Comercio, turismo y servicios, 63,67%.
- Dentro de las actividades no especificadas, se contempla un 3,77%.

Por otra parte, para la ciudad de Morelia las principales actividades económicas son el comercio y el turismo (sector terciario), seguidas por la industria de la construcción y la manufacturera (sector secundario). (es.wikipedia.org)

Desde hace tiempo, la ciudad de Morelia se ha caracterizado por su intensa actividad *comercial*, siendo centro de abasto para poblaciones de menor densidad demográfica aledañas a la ciudad. De esta forma, la ciudad centraliza la actividad comercial del estado de Michoacán, así como de una porción del sur del estado de Guanajuato. Actualmente, existen en la ciudad varias plazas comerciales como so: plaza la Huerta, plaza Fiesta Camelinas, plaza Las Américas, plaza Centro y plaza Tres Puentes, entre otras, con establecimientos dedicados a toda clase de productos como gastronomías, ropa, souvenirs, menaje de cocina y electrodomésticos. También se cuenta con una central de abastos, 6 mercados, diversas tiendas departamentales (Soriana, Chedraui, Walmart, Sam's, Costco, Comercial Mexicana, Gigante, Aurrerá y Superama...), varios tianguis en diferentes rumbos de la ciudad, bodegas y distribuidoras de distintas clases de mercancía. (*ibid*)

Respecto al *turismo*, la ciudad goza de un gran número de visitantes al año debido a su localización cerca de poblaciones con tradiciones, a su proximidad a escenarios naturales como Los Azufres, el lago de Pátzcuaro y la zona de la mariposa Monarca al Este de Morelia y por su significativo acervo arquitectónico, cultural e histórico. Por consecuencia, cuenta con la infraestructura desarrollada para acoger al extranjero, entre la que destacan hoteles, restaurantes, agencias de viajes, clubes deportivos, balnearios, centro de convenciones, planetario, orquidario, parque zoológico, etc. (www.michoacan.gob.mx)

En el municipio también hay atractivos naturales, entre los que destacan la Cueva de la Joya y la Cañada del Cañón, en Capula; La Peña, en Atécuaro; las Grutas de la Escalera, en Cuto de la Esperanza; los balnearios el Edén y el Ejido, en la tenencia Morelos; el Cráter de la Alberca y el Cerro del Zirate, en Teremendo el Cerro del Águila, con 2,800 metros sobre el nivel del mar, en Tacícuaro; Manantial del Bañito, en Tiripetío; y el Bosque Lázaro Cárdenas, en Morelia. (*Ibid*)

No obstante su importante crecimiento demográfico, ha tenido un desarrollo *industrial* lento comparado con el de muchas otras ciudades del centro y del norte del país. En la capital de Michoacán se encuentra la Ciudad Industrial de Morelia (CIMO), que abarca unas 354 hectáreas y da cabida a 180 empresas que generan 9 mil 50 empleos (febrero 2007). Sin embargo, solamente el 30% de éstas son manufactureras, mientras que las demás son bodegas o centros de distribución y no cuenta con ninguna empresa grande, únicamente medianas y pequeñas empresas. Por otra parte, existen otras dispersas por la ciudad que no cuentan con la adecuada infraestructura.

La industria moreliana se dedica a la producción de: aceite comestible, productos químicos, resinas y harina, a la fundición, a los dulces en conservas, al embotellamiento de agua y refrescos, a la elaboración de plásticos, a la fabricación de generadores eléctricos, turbinas hidráulicas y a los productos de celulosa y papel, entre otras. Las principales empresas industriales asentadas en la ciudad son las siguientes (es.wikipedia.org):

- Kimberly-Clark: papel,
- *GEC-Alsthom*: Generadores para centrales eléctricas.
- *Sulzer*: Turbinas hidráulicas y de vapor.
- *DeAcero*: Metalurgia.
- *FAMA*: Jabones y detergentes.
- *Tron Hermanos*: Aceite comestible.
- Harinera de Lourdes: Molino
- *Santa Lucía*: Aceite comestible.
- *Quimic*: Productos químicos.
- Industrial Química de México: Productos químicos.
- *Resinas Sintéticas*: Resinas y pegamentos.
- *Industrias Jafher*: Móvilario de oficina.

- *Organización Ramírez*: Cines, Bienes Raíces y Automotriz.
- *FAME*: Bienes Raíces y Automotriz.
- *Grupo Posadas*: Aviación y Hotelería.
- *OKEN*: Basculas.
- *VATECH*: Turbinas.
- *Bebidas Purificadas de Michoacán*: Refrescos y bebidas purificadas.
- *Coca-Cola*: Refrescos y bebidas purificadas.

4.3.4 Servicios de salud

El municipio de Morelia tiene 38 unidades médicas en servicio de las instituciones públicas, 23 de éstas pertenecen al SSM (Secretaría de Salud de Michoacán) que brinda servicio a la población de menos ingresos, 12 unidades son del IMSS (Instituto Mexicano del Seguro Social), 4 de las cuales dan cobertura médica a los trabajadores que no son del estado así como a los jubilados, mientras que las 8 restantes pertenecen al programa IMSS-Oportunidades que dan atención médica a aquellos que no tienen acceso a la seguridad social, 1 unidad pertenece al ISSSTE (Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado) que como su nombre indica cubre los servicios médicos de los trabajadores del estado, finalmente, las dos restantes son del DIF (Desarrollo Integral de la Familia) que se ocupa básicamente de la salud infantil y de la familia mediante programas preventivos y de desarrollo. (www.issste.gob.mx, www.michoacan.gob.mx, www.imss.gob.mx, www.dif.gob.mx)

5 DESCRIPCIÓN DE LA UMSNH

5.1 GENERAL

De acuerdo al Segundo Informe de Labores y al Anuario Estadístico ambos correspondientes al período 2004-2005, la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo cuenta con cuatro Niveles Educativos que se clasifican de la siguiente manera:

- Educación Media Superior (EMS) o Bachilleratos.
- Nivel Técnico (NT).
- Educación Superior (ES) o Licenciaturas.
- Postgrados que incluyen Especialidades, Maestrías y Doctorados.

La Tabla 5 muestra para los cuatro Niveles Educativos el número de Unidades Académicas (UA) o centros donde se desarrollan las diferentes actividades para cada nivel así como el número de Programas Educativos (PE) y matriculas para el año 2004/2005.

Tabla 5. Especificaciones de los Niveles Educativos de la UMSNH en el 2004/2005.

Niveles Educativos	Programas Educativos	Unidades Académicas	Personal Académico	Población Estudiantil
Bachillerato	4	7	733	12.764
Técnico	1	1	124	541
Licenciatura	39	23	2.050	35.745
Especialidad	26			247
Maestría	26	7	1.111	762
Doctorado	8			74
Total:	104	38	4.018	50.133

Fuente: Hernández, J. 2005. Elaboración propia.

Los Programas Educativos del nivel de Bachillerato son en ingeniería y arquitectura, ciencias químico-biológicas, ciencias histórico-sociales y ciencias económico-administrativas, mientras que a nivel Técnico se ofrece un PE de Técnico en enfermería. A nivel de Licenciatura se pueden encontrar PE como los de Contaduría, Administración, Economía, Derecho, Ingenierías diversas, Medicina, Odontología, Veterinaria, Biología, Psicología, Químico-farmacobiología, Enfermería, Físico-matemáticas, Historia, Lengua y Literatura hispánica, Teatro, Artes visuales, Música, Danza, Filosofía, Tecnología de la madera y Arquitectura, entre otras.

Las Especialidades se encaran más a los rubros de ingenierías y arquitectura, sociales, humanidades y ciencias de la salud donde los alumnos pueden especializarse en estructuras, vías terrestres, derecho penal, filosofía de la cultura, medicina familiar,

ginecología y obstetricia, anatomía patológica y/o endodoncia. Algunas de las Maestrías que se ofertan en la UMSNH son en derecho, administración, ciencias de la conservación y manejo de recursos naturales, biología experimental, farmacología clínica, metalurgia y ciencias materiales, matemáticas, historia, filosofía de la cultura, ciencias de la ingeniería eléctrica, ciencias y tecnología de la madera y ciencias en ingeniería química, entre otras. Finalmente, se ofertan Doctorados en ciencias biológicas, matemáticas, física, metalurgia y ciencias de los materiales, arquitectura, ingeniería eléctrica, derecho y en ciencias del desarrollo internacional.

Las distintas Unidades Académicas se concentran en tres Campus Universitarios situados en Morelia, Uruapan y Apatzingan, ordenados de mayor a menor tamaño. El de Morelia comprende:

- Las instalaciones de Medicina Veterinaria y Zootecnia al Norte de la ciudad.
- Fármaco-Biología-Veterinaria, Odontología, Enfermería, Ciencias Médicas y Biológicas y su Postgrado, Enfermería (nivel técnico), Lengua y Literatura Hispánica, Derecho y Ciencias Sociales y las Preparatorias General José M^a Morelos y Pavón, y Pascual Ortiz Rubio, situado al Sureste de la ciudad.
- Preparatoria Isaac Arriaga y Melchor Ocampo, Bellas Artes, Colegio Primitivo y Nacional de San Nicolás de Hidalgo, Centro Cultural Universitario, Biblioteca Pública Universitaria, Tesorería de la UMSNH, Teatro Rubén Romero y Ciudad Universitaria (esta última se describirá mas adelante). Todas estas UA se encuentran en el centro de la ciudad.
- Finalmente, al Oeste de la misma se encuentran el Instituto de Investigación de Recursos Naturales (INIRENA) y los edificios del Posgrado de la Facultad de Odontología.

En el Campus de Uruapan se encuentran las instalaciones de:

- Preparatoria Licenciado Eduardo Ruiz y la de Lázaro Cárdenas, así como el Módulo de Educación a Distancia, situados al Noreste de la ciudad.
- Facultad de Agrobiología en el centro Sur.

En último lugar, en el Campus de Apatzingan se encuentra la Escuela de Administración de Empresas Agropecuarias situada al Suroeste de la ciudad.

Los alumnos matriculados pueden pedir ayudas como las ofrecidas por el Programa Nacional de Becas (PRONABES), de las que en el periodo 2004/2005 se solicitaron 2.635, otorgando un total de 1.801, por lo que se cubrió un 68,35% de la demanda. Además también pueden acceder a las becas Institucionales, de las que en este periodo se otorgaron un total de 3.423, dichos alumnos hacen la prestación de servicio social para devolver a la

sociedad el apoyo que les brindó dicha Institución. Los alumnos de nivel Posgrado pueden acceder a becas del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) que otorgó 167 becas en este periodo.

La Universidad Michoacana ofrece una educación a distancia que coordina la Coordinación de Educación a Distancia (CEDUM), actualmente dispone de 3 nodos en las ciudades de Uruapan, Zitácuaro y Lázaro Cárdenas, en las que se puede estudiar Derecho, Contaduría y Administración, en este periodo tuvieron un total de 754 alumnos. Además, la universidad tiene un Sistema Universitario de Escuelas Incorporadas, que ofrecen Programas Educativos a nivel medio superior, técnico y superior, que cubren un total de 13.295 alumnos.

En el periodo 2004/2005, el total de títulos y grados expedidos por la División de Estudios Superiores (DES) se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Títulos y grado expedidos por la DES.

DES	Licenciatura	Especialidad	Maestría	Doctorado	Total
CS. Administrativas y Sociales	970	1	13	-	984
CS. Agropecuarias Uruapan	42	-	0	-	42
Biológico-Agropecuarias	146	-	10	-	156
CS. de la Salud	1.514	10	2	-	1.526
CS. Exactas, Metalurgia y Materiales	15	-	20	6	41
Humanidades	47	-	2	-	49
Ingeniería y Arquitectura	312	1	26	-	339
Total	3.046	12	73	6	3.137

Fuente: Hernandez, J. 2005. Elaboración propia.

Otras instancias y servicios que ofrece la UMSNH son:

- Departamento de Educación Física (Gimnasio de usos múltiples)
- Sistema Bibliotecario Universitario
- Centro de Cómputo Universitario
- Radio Nicolaita
- Centro Cultural Universitario (se realizan eventos culturales, académicos y científicos)
- Ex-Convento Tiripatio (se realizan eventos culturales, académicos y científicos)
- Museo de Historia Natural (la universidad muestra aspectos relativos a las Ciencias Naturales mediante exposiciones de flora, fauna y fósiles)

- Producción Editorial (compuesta de libros, revistas y documentos de difusión de eventos)
- Departamento de Idiomas
- Vinculación Universitaria
- Coordinación de la Investigación Científica

5.2 CIUDAD UNIVERSITARIA

En el área de estudio, Ciudad Universitaria (CU) del Campus de Morelia, hay un total de 58 edificios, distribuidos en una superficie de 663.462,22 m² (Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2000) en los que se encuentran las dependencias que se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7. Edificios de CU y sus dependencias.

Edificios	Dependencias
A	Direcciones de Servicios Generales, Fac. de Ing. Eléctrica y Centro de la Inv. de la Cultura Purhépecha, Depto. de Vías Terrestres
A-1	Departamento de Idiomas y Facultad de Arquitectura
A-2	Facultad de Contaduría Ciencias Administrativas
A-3	Escuela de Bellas Artes
A-4	Facultad de Contaduría Ciencias Administrativas
B	Facultades de Ing. Civil y Físico-Matemáticas
BA	Biología Acuática
B-1	Instituto de Investigaciones Químico Biológicas
B-2	Fac. en Tecnología de la Madera, Biología, Química
B-3	Instituto de Investigaciones Químico Biológicas
B-4	Laboratorio de la facultad de Biología
B-5	Químico-biológicas
C	Facultad de Ing. Civil E Ing. Eléctrica
C-1	Instituto de Investigaciones Históricas
C-2	Coordinación de Investigación Científica
C-3	Instituto de Física y Matemáticas
C-4	Facultad de Filosofía
C-5	Archivo Histórico
C-6	Centro de Automatización Departamento de Idiomas (CADI)
C-7	Secretaría de Difusión Cultural y Extensión Universitaria

C-8	Instituto de Investigaciones Históricas
D	Facultad de Ing. en Tecnología de la Madera, Departamento de Matemática Educativa, Cajas de la Tesorería de la UMSNH
DPS	Departamento de Proyectos y Supervisión de Obras Edificio de Proyectos
E	Laboratorios de la Facultad de Ing. Química
F	Laboratorio de Materiales y Museo de Geología y Mineralogía
G	Laboratorios de Eléctrica (Laboratorio (s) de Dinámica, Eléctrica, Electrónica, Térmica), Laboratorios de Mecánica (Laboratorio de Robótica)
H	Laboratorio de Hidráulica Fac. Ing. Civil
HIST	Historia (Módulos 1 y 2)
IFM	Instituto de Física y Matemáticas
ININEE	Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales (ININEE)
J	Laboratorios de Mecánica (Laboratorio de Mecánica)
K	Laboratorio de Ingeniería Química
L	Laboratorios de la Facultad de Físico Matemáticas
M	Facultad de Ingeniería Química
N	Centro de Computo y Procesos de Información Universitaria
N-1	Edificio Nuevo de Arquitectura
N-2	Edificio Nuevo de Arquitectura
O	Laboratorios de Ing. En Tecnología de la Madera
P	Facultad de Arquitectura, Oficina de Sesiones de la Reforma Universitaria
PIC	Edificio del Postgrado de Ingeniería Civil
PIE	Edificio del Postgrado de Ingeniería Eléctrica
PIM	Postgrado Ingeniería de la Madera
Q	Direcciones de Control Escolar y Planeación Universitaria, Archivo General de la UMSNH
R	Facultad de Biología y Facultad de Historia
S	Biblioteca General de Ciudad Universitaria y Coordinación General de Educación a Distancia
T	Facultad de Economía
T1	Facultad de Economía
TR	Torre de Rectoría
U-1	Instituto de Investigaciones Metalúrgicas
U-2	Instituto de Investigaciones Metalúrgicas
U-3	Instituto de Investigaciones Metalúrgicas
U-4	Instituto de Investigaciones Metalúrgicas

U-5	Instituto de Investigaciones Metalúrgicas (Microscopio Electrónico de Transmisión)
V	Radio Nicolaita
W	Facultad de Ingeniería Mecánica
X	Laboratorios de Docencia de la Facultad de Biología
Y	Facultad de Contaduría Ciencias Administrativas
Z	Facultad de Contaduría Ciencias Administrativas

Fuente: www.umich.mx. Elaboración propia.

6 TIPOLOGÍA DE RESIDUOS

Para poder conocer con más detalle los residuos que se encontraron durante el muestreo en CU, se realizó una búsqueda bibliográfica de las propiedades de los residuos más relevantes. A continuación se explican las características de los principales tipos de residuos agrupados por tipologías como plástico, papel y vidrio, entre otros.

6.1 PLÁSTICOS¹¹

El plástico es un material artificial, versátil, para su síntesis se utiliza gas natural o petróleo crudo. El valor del plástico en la economía mundial depende de sus propiedades fisicoquímicas que hacen del plástico, una materia prima adecuada en ingeniería para la fabricación de objetos diversos. Su manejo requiere de tecnología para su síntesis, reciclaje y disposición final.

En México se adoptó el Código de Identificación de Plásticos basado en el utilizado por Europa y países de América el 25 de Noviembre de 1999 en la NMX-E-232-SCFI-1999. De acuerdo a su importancia comercial por sus aplicaciones en el mercado, se encuentran los denominados *comodities* que son:

Tabla 8. Tipología de plásticos.

Nombre	Abreviatura (opcional)	Número de identificación
Polietilen Tereftalato	PET o PETE	1
Polietileno de alta densidad	PEAD o HDPE	2
Policloruro de vinilo o Vinilo	PVC o V	3
Polietileno de baja densidad	PEBD o LDPE	4
Polipropileno	PP	5
Poliestireno	PS	6
Otros	Otros	7

Fuente: <http://www.aniq.org.mx/cipres/clasificacion.asp> y <http://es.wikipedia.org>.

Elaboración propia.

Los productos llevan una marca consistente en el símbolo internacional de reciclado  con la abreviatura o número correspondiente en medio, según la empresa que lo procese. A continuación se muestran fichas por tipología de plástico donde se expone la descripción, utilidades y productos reciclados de cada tipo de plástico.

¹¹ La información de este apartado fue extraída de Carrillo, J.C. 2005, NMX-E-232-SCFI-1999, NMX-E-060-1978 y de las siguientes páginas web: <http://es.wikipedia.org>, <http://www.cristinacortinas.com>, <http://www.ereciclaje.com/plasticos.htm>, <http://www.plastivida.com>.

6.1.1 PET

 PET	<p>DESCRIPCIÓN</p> <p>El Polietilen Tereftalato (PET) es un Poliéster Termoplástico¹² producido principalmente por hidrógeno, oxígeno y carbono en forma de dos compuestos el Ácido Terftálico y el Etilenglicol. En su síntesis se emplean sustancias tóxicas y metales pesados como catalizadores, no obstante el PET no daña la salud, ni el ambiente, por ello se recicla, además su incineración genera dióxido de carbono y vapor de agua. Debido a la ausencia de halógenos, azufre, nitrógeno ni estabilizadores, plastificantes o antioxidantes la producción, uso y disposición de estos envases implica menos energía, menos emisiones aéreas y menos residuos líquidos, comparado con otros materiales plásticos.</p> <p>Este material tiene una baja velocidad de cristalización y puede encontrarse en estado amorfó-transparente o cristalino. En general, se caracteriza por su elevada pureza, alta resistencia y tenacidad así como por tener una buena barrera contra gas y humedad.</p> <p>Existen diferentes grados de PET, los cuales se diferencian por su peso molecular y cristalinidad. Los que presentan menor peso molecular se denominan grado fibra, los de peso molecular medio se llaman grado película y, los de mayor peso molecular se denominan grado ingeniería.</p> <p>APLICACIONES</p> <ul style="list-style-type: none">a) Envase y Empaque Bebidas carbonatadas, agua purificada, aceite, conservas, cosméticos, detergentes, productos químicos, productos farmacéuticos, película y bandejas para microondas, empaques de productos hechos por inyección.b) Electro-electrónico. Este segmento abarca diversos tipos de películas y aplicaciones desde las películas ultradelgadas para capacitores de un micrómetro o menos hasta de 0,5 milímetros, utilizadas para aislamiento de motores.
---	--

¹² Termoplástico: característica de algunos plásticos que los hace capaces de ablandarse repetidamente por medio de calentamiento y de endurecerse por medio de enfriamiento.

c) Fibras.

En la industria textil, la fibra de poliéster sirve para confeccionar gran variedad de telas y prendas de vestir. Otro tipo de fibras se utiliza en los refuerzos para mangueras, cerdas de brochas para pinturas y cepillos industriales.

PRODUCTOS RECICLADOS

Fibras, bolsas de carga, ropa, contenedores para comidas y bebidas, tapetes, amarres, ropa de lana, equipaje y botellas, entre otros.

6.1.2 PEAD

 PEAD	DESCRIPCIÓN Se produce a partir de Etileno que es un derivado del Petróleo o del Gas Natural. Pertenece al grupo de los polímeros Poliolefinas, que provienen de los alquenos (hidrocarburos con dobles enlaces). Son polímeros de alto peso molecular y poco reactivos, debido a que están formados por hidrocarburos saturados. Sus macromoléculas no están unidas entre sí químicamente, excepto en los productos reticulados. Debido a su mayor densidad presenta mejores propiedades mecánicas que el PEBD. Éstas son rigidez, dureza, livianeza, impermeabilidad, inerte al contenido, no tóxico, resistencia a la tensión y a las bajas temperaturas, así como también fácil procesamiento y buena resistencia al impacto y a la abrasión. No resiste fuertes agentes oxidantes como ácido nítrico, ácido sulfúrico fumante, peróxidos de hidrógeno o halógenos.
---	--

Por sus características el Polietileno es un material demasiado valioso como para desecharlo, por lo que su valorización es siempre la opción preferible para su tratamiento, una forma de valorizarlo es el reciclado mecánicamente mediante la fundición para transformarlo en otros productos finales. Si no puede ser reciclado y tiene que ser enterrado en un relleno sanitario, es importante saber que los residuos de polietileno son absolutamente inocuos para el medio ambiente. Por su naturaleza son inertes y no sufren degradación lo cual garantiza la no generación de lixiviados, líquidos o gases que puedan emitirse al suelo, aire o aguas subterráneas.

APLICACIONES

a) Envase y Empaque

Bolsas para mercancía, bolsas para basura, botellas para leche y yogurt, cajas para transporte de botellas, recipientes para aceite, gasolina, cosméticos y detergentes, bandejas, botes de basura, cubos y platos.

b) Industria eléctrica

Aislante para cables

c) Otros

Caños para gas, telefonía, agua potable, minería, drenaje y uso sanitario, artículos de cordelería, redes de pesca, tapicerías y juguetes.

PRODUCTOS RECICLADOS

Detergente para ropa, botellas para shampoo, acondicionador y aceites de carro, tubos, baldes, cajones, macetas para flores, bordes de jardín, películas y láminas, recipientes para reciclaje, bancos, casas para perros, madera plástica, baldosas para piso, mesas de picnic y cercas, entre otros.



PEAD

6.1.3 PVC

DESCRIPCIÓN	 <p>El Policloruro de Vinilo (PVC) es un polímero termoplástico compuesto por cloro, contaminante ambiental durante su ciclo útil y de disposición final, en un 57%, y etileno (derivado del petróleo), en un 43%. Por sí solo, es el más inestable de los termoplásticos, pero con aditivos es el más versátil y puede ser sometido a variados procesos para su transformación, lo que le ha hecho ocupar, por su consumo, en el segundo lugar mundial detrás del Polietileno. La gran polaridad que imparte el átomo de cloro transforma al PVC en un material rígido aunque algunos de sus grados aceptan fácilmente diversos plastificantes, modificándolo en flexible y elástico.</p>
PVC	<p>El PVC es un polvo blanco, inodoro e insípido, fisiológicamente inofensivo, difícilmente inflamable, no arde por sí mismo, tiene excelente resistencia química, buena resistencia al medio ambiente y propiedades eléctricas estables, es liviano, versátil, y puede ejercer de aislante térmico, eléctrico y acústico. A pesar de todas estas características positivas, su reciclaje es difícil y su incineración produce dioxinas cancerígenas, por lo que no es la mejor opción a utilizar.</p>
	<p>Su estructura puede ser comparada con la del Polietileno, la diferencia radica en que un átomo de la cadena del Polietileno es sustituido por un átomo de cloro en la molécula de PVC. Este átomo aumenta la atracción entre las cadenas polivinílicas, dando como resultado un polímero rígido y duro.</p>
APLICACIONES	<p>a) Envase y Empaque</p> <p>Empaques claros para comida y botellas para aceites comestibles, shampoo, agua purificada, bolsas de sangre y tubería médica.</p> <p>b) Construcción</p> <p>Tubos de agua potable y evacuación, ventanas, puertas, persianas, zócalos, paredes, láminas para impermeabilización de techos y suelos, canalización eléctrica y en telecomunicaciones, entre otros.</p>

c) Otros

Tarjetas de crédito, artículos de librería, juguetes, mangueras, artículos de riego, productos de cuero sintético, calzado, películas y láminas.

PRODUCTOS RECICLADOS

Empaques, hojas sueltas de archivador, balcones, paneles, canales, película y lámina, azulejos del suelo, suelo resistente, bandejas del casete, cajas eléctricas, cables, conos del tráfico, manguera y muebles de jardín.

6.1.4 PEBD

	DESCRIPCIÓN
 PEBD	<p>El Polietileno de Baja Densidad (PEBD) pertenece también al grupo de los Polietilenos y más concretamente al de los polímeros de las Poliolefinas por lo que comparte con el PEAD gran mayoría de características, ambos se componen de alquenos que son hidrocarburos con dobles enlaces. Son polímeros de alto peso molecular y poco reactivos debido a que están formados por hidrocarburos saturados. Sus macromoléculas no están unidas entre sí químicamente, excepto en los productos reticulados.</p> <p>El PEBD es un material translúcido, inodoro, con un punto de fusión promedio de 110°C, no tóxico, flexible, liviano, transparente, inerte al contenido, impermeable, económico y de baja conductividad térmica.</p> <p>Coincidiendo con el PEAD, el PEBD es un material demasiado valioso como para desecharlo, por lo que su valorización es siempre la opción preferible para su tratamiento, una forma de valorizarlo es el reciclado mecánicamente mediante su fundición para transformarlo en otros productos finales. Si no puede ser reciclado y tiene que ser enterrado en un relleno sanitario, es importante saber que los residuos de polietileno son absolutamente inocuos para el medio ambiente. Por su naturaleza son inertes y no sufren degradación lo cual nos garantiza que no generan lixiviados de productos de degradación, líquidos o gases que puedan emitirse al suelo, aire o aguas subterráneas.</p>

APLICACIONES
a) Envase y Empaque
Bolsas de todo tipo como de supermercado, boutiques, congelados, industriales, suero, entre otras, botellas y tapas para las mismas, contenedores herméticos domésticos
b) Construcción
Aislante de baja y alta tensión, recubrimiento de acequias, tubos y tuberías para riego.
c) Otros
Base para pañales desechables y stretch film.
PRODUCTOS RECICLADOS
Sobres de envío, recubrimiento de cubos de basura, azulejo del piso, muebles, película y lámina, compartimientos de compost vegetal, botes de basura, madera del paisaje, madera de construcción.

6.1.5 PP

 PP	DESCRIPCIÓN El Polipropileno (PP) es un termoplástico que pertenece a la familia de las Poliolefinas y que se obtiene a partir de la polimerización del propileno, que es un gas incoloro en condiciones normales de temperatura y presión, que licua a -48°C. También se conoce al propileno como "propeno".
---	---



Las características fundamentales que han contribuido al rápido crecimiento y amplia aceptación del PP son:

- Óptima relación entre rigidez y peso específico, lo que permite el diseño de piezas adecuadamente resistentes con un mínimo requerimiento de material.
- Alta transparencia y brillo, que lo hace especialmente apto para aplicaciones de envase y empaque, ya sea rígido o flexible.
- Alta resistencia química, lo cual anula la posibilidad de contaminación de las sustancias en contacto con la pieza.
- Resistencia a altas temperaturas, permitiendo el llenado en caliente para el caso de envases.
- Propiedades de barrera, lo que genera mayor protección en el envasado de alimentos.

El PP es 100% recicitable, ya sea en la forma de *scrap* industrial (desechos plásticos de las industrias) como en la forma de residuo post-consumo como es el caso de las baterías de automóviles.

APLICACIONES

a) Envase y Empaque

Elásticos como los de *snacks*, golosinas, galletitas y panificados, rígidos como los de manteca, margarina, agua, quesos, postres, yogurt, alimentos envasados para microondas, envases para helados. Otros envases son los herméticos, los de videocasetes o los de productos de limpieza

b) Construcción

Caños para agua caliente y fría, accesorios, baldes para pintura y alfombras, entre otros.

c) Otros

En la industria automotriz se emplea entre otras opciones en parachoques, frentes de tableros, baterías, mientras que en la industria médica se encuentra en jeringas desechables y indumentaria quirúrgica. También puede ser hallado en otras aplicaciones como en muebles de jardín, juguetes, film para envasar cassetes de audio, video y cigarrillos, electrodomésticos, macetas, correas para bolsos, manijas, etc.

PRODUCTOS RECICLADOS

Cajas de batería del automóvil, luces señalizadoras, cables de batería, escobas, cepillos, raspadores de hielo, embudos de aceite, estantes de bicicleta, rastrillos, compartimientos y bandejas.

6.1.6 PS

DESCRIPCIÓN

El Poliestireno (PS), como la gran mayoría de los polímeros termoplásticos, es un derivado de los hidrocarburos (petróleo crudo o gas natural). La síntesis de PS se realiza con compuestos químicos cancerígenos: benceno, estireno y 1,3-butadieno, su incineración libera estireno y otros hidrocarburos tóxicos. Técnicamente el PS, se recicla pero el porcentaje de recuperación es bajo.

Existen varios tipos de poliestirenos, pero los encontrados en mayor abundancia en el muestreo, pertenecen a las tres tipologías siguientes:

- **Poliestireno cristal o poliestirenos de uso general**, es un material amorfó de alto peso molecular y de baja densidad, duro, con buenas propiedades ópticas, mínima absorción de agua, buena estabilidad dimensional y aislamiento eléctrico. Resiste ácidos orgánicos e inorgánicos concentrados y diluidos (excepto los altamente oxidantes), alcoholes, sales y álcalis. Es atacado por ésteres, cetonas, hidrocarburos aromáticos, clorados y aceites etéreos. Es sensible a la luz solar, por lo que para retardar su degradación se deben adicionar absorbedores de luz ultravioleta. Presenta baja resistencia al impacto y estabilidad térmica.

APLICACIÓN

Se utiliza en la fabricación de envases para productos alimenticios, farmacéuticos y cosméticos como blister, vasos y tapas.

- **Poliestireno de grado impacto**, existen dos grados de impacto, el medio y el alto impacto, ambos presentan propiedades similares a las del Poliestireno de uso general. Su color natural va de translúcido a opaco. Se ven afectados con la exposición continua a las radiaciones de luz ultra violeta, ofrecen limitada resistencia a solventes aromáticos y clorados. Poseen alta



PS

rigidez y dureza, presentan bajas propiedades de barrera, poca resistencia a la grasa y a temperaturas elevadas. Son estables térmicamente, tienen niveles muy bajos de materia volátil y poseen una resistencia al impacto entre dos y cuatro veces superior al PS Cristal, según el contenido y tipo de elastómero. También resisten con limitaciones ácidos y álcalis pero no disolventes orgánicos como bencina, cetonas, hidrocarburos aromáticos y clorados, ni aceites etéricos.

APLICACIÓN

Varían según el grado de impacto en:

- Poliestireno Medio impacto: piezas rígidas con brillo, industria del envase y empaque (platos y vasos desechables), artículos escolares y juguetes.
- Poliestireno Alto impacto: asientos sanitarios, carretes industriales, carcasa de electrodomésticos, juguetes, cubiertas de cassetes.

- **Poliestireno expansible o Porexpán**, es un material dúctil y resistente a temperaturas bajo cero, pero a temperaturas elevadas, aproximadamente a 88°C, pierde sus propiedades, también tiene un bajo coeficiente de conductividad térmica, por lo que se utiliza como aislante a bajas temperaturas. Posee poder de amortiguamiento, es decir, permite absorber la energía producida por golpes y vibraciones. Flota en el agua y es completamente inerte a los metales, resiste la mayoría de los ácidos, soluciones alcalinas y saladas, sin importar su concentración pero no es resistente a solventes orgánicos o aceites minerales. No es tóxico.

Debido a su estructura celular presenta valores bajos de transmisión de vapor y de absorción de agua. Es combustible, por lo que en ocasiones se la adicionan retardantes de flama. Es resistente a los microorganismos y cuenta con buenas propiedades de aislamiento acústico.

APLICACIÓN

En los sectores de edificación, vivienda, especialidades industriales y envases, una aplicación importante en este último sector es la perla expandida para protección, las cuales sirven para llenar las cajas de cartón donde se contengan productos frágiles.



PS

PRODUCTOS RECICLADOS

El poliestireno es 100% reciclabl e su residuo se puede utilizar en una amplia gama de productos como semilleros o macetas para plantines, hueveras y/o carcasa de máquinas de escribir. También se puede transformar en termómetros, placas del interruptor de luz, aislamiento termal, bandejas de escritorio, reglas, tazas y utensilios.

6.1.7 OTROS

 OTROS	DESCRIPCIÓN
	El uso de este código "Otro", indica que el paquete está hecho con una resina que no es de las seis enumeradas arriba, o se hace de más de una resina enumerada arriba, y usada en una combinación de múltiples capas.
	APLICACIONES Botellas de tres y cinco galones reutilizables para agua, jugos de frutas cítricas y botellas de salsa de tomate.

PRODUCTOS RECICLADOS

Botellas y usos plásticos de la madera plástica de construcción, entre otros.

El rubro de Otros incluye muchas mezclas de plásticos de difícil identificación, es por eso que en este rubro se incluyeron aquellos que no se consiguieron identificar. El Anexo 7 contiene la lista de residuos, identificados durante la investigación, de porcentaje inferior al 1%, entre otros residuos se incluyen todos los de tipología 7 encontrados. A continuación se enlistan algunas de las subcategorías de Otros y en qué fueron hallados.

- *Acrílico*, son plásticos basados en polímeros hechos con ácido acrílico o un derivado estructural, estando los monómeros acrílicos en la mayor cantidad de la masa. Durante la investigación, se encontró representación de éste tipo de plástico en un letrero informativo, un soporte de torre de CD, las tapas de documentos engargolados, una regla, una funda de casete y en una toma de teléfono.

- *Derivado acrílico*, hallado en sacapuntas y bolígrafos.
- *Poliuretano*, su síntesis consume 11% de la producción mundial de cloro y libera subproductos tóxicos: fosgeno, isocianatos, tolueno, diaminas y clorofluorocarbonos (CFC's), es altamente tóxico y al enterrarlo en vertederos produce lixiviados. Durante el muestreo fue encontrado en espumas como las de las tapas de agua o las que se incluyen en las torres de CD para protegerlos.
- *PVC + Otros*, en pegamentos de barra.
- *PVC + PEAD*, en bolígrafos.
- *PVC + PEAD + Metal*, en los tubos de tinta de los bolígrafos
- *Polímero elástico de látex*, este residuo se encontró en forma de gomas elásticas.
- *Metal + Hule + Otros*, hallado en un ratón de ordenador.
- Acrílico + Acetato + Oxido de Cromo, en una cinta de casete.
- *PEAD + Poliuretano*, en la tapa de unas vitaminas.
- *Cobre + PEBD + PS*, en un conector a Internet.
- *PP + Tintas insolubles al agua*, en envases de paquetes de hojas.
- *PP + PEAD*, en envolturas de dulces.
- *PP + Metal + Ácido esteárico*, en pintalabios.
- *Acetato y derivado de acetato*, la ley mexicana NMX-EE-060-1978 define estos tipos de plásticos como los basados en polímeros en los que, las unidades estructurales repetidas en las cadenas son del tipo acetato, o en copolímeros en los cuales las unidades estructurales repetidas de acetato o de otros tipos están presentes en las cadenas, estando los componentes de acetato en la mayor cantidad de masa. Durante el muestreo se encontró repetidamente en las tapas de documentos engargolados.

6.2 PAPEL Y CARTÓN¹³

A lo largo del muestreo se encontraron varios tipos de papeles así como mezclas del mismo con otros residuos. A continuación se muestran algunos de las tipologías de papel y sus características.

¹³ La información sobre papel fue extraída de las siguientes páginas web: <http://www.papelnet.cl>, <http://www.aspapel.es>, <http://es.wikipedia.org> y http://www.sarriopapel.es/Sarrio/SobrePapel/TiposPapel/sep_tipospapel.htm

6.2.1 Papel prensa

Utilizado para la impresión de diarios, está fabricado mayoritariamente de pulpa de madera desfibrada y fibras recicladas de papel. Puede ser blanco o ligeramente coloreado.

6.2.2 Papel para impresión y escritura

Utilizado para revistas, libros, cuadernos, agendas, sobres, folletos, carteles, papeles de oficina..., puede ser estucado o no, dependiendo del uso a que esté destinado. El estucado es un proceso mediante el que se adicionan al papel -por una o por las dos caras- productos como caolín¹⁴ o carbonato cálcico, que permiten mejorar las características de impresión, haciendo el papel más brillante, más opaco y más uniforme.

6.2.3 Papel higiénico y sanitario

Fabricados a base de fibra virgen, papel reciclado o una mezcla de ambos, se utilizan en la higiene personal (papel higiénico, compresas, pañales, pañuelos...), en el ámbito doméstico (rollos de papel de cocina, servilletas, manteles, filtros de café...) y como material sanitario y de limpieza industrial. Se caracteriza por ser de bajo peso y crepado, es decir, con toda su superficie cubierta de microarrugas, que le confieren elasticidad, absorción y suavidad. El crepado aumenta la superficie específica del papel y abre las fibras, permitiendo mayor capacidad de absorción y mayor flexibilidad que las de una hoja de papel corriente.

6.2.4 Papel para envases y embalajes

Dentro de este tipo de papeles tres son los que destacan por su común utilización:

- *Papeles para cartón ondulado*: utilizados en las distintas cajas de las cajas de cartón ondulado, se constituye por un nervio central de papel ondulado, reforzado externamente por dos capas de papel, pegadas con adhesivo en las crestas de la onda. Es un material ligero, cuya resistencia se basa en el trabajo conjunto y vertical de estas tres láminas de papel. Éste cartón pierde su resistencia si la onda sufre aplastamientos o quebraduras producidos por fuerzas externas. Se fabrican básicamente con papel reciclado, si bien pueden incorporar, en distinta proporción, pasta virgen.
- *Cartoncillo*: empleado en la fabricación de estuches plegables o envases, es un material compacto hecho a base de pasta virgen y/o papel reciclado, con varias capas y normalmente acabado con recubrimiento de una capa de estuco.

¹⁴ Es una arcilla blanca muy pura, compuesta por silicato de aluminio hidratado que se utiliza para la fabricación de porcelanas, de aprestos para almidonar, de pinturas de caucho o emulsionadas, en ciertos medicamentos y cuando la materia no es muy pura, se utiliza en fabricación de papel. (<http://es.wikipedia.org>)

Actualmente, es la principal materia prima para la elaboración de envases del tipo estuche, y contenedores que además constituyen un eficaz vehículo promocional de los productos, facilitando su reconocimiento a través de la impresión de la marca, colores y motivos gráficos.

- *Papel kraft*: papel de gran resistencia empleado en la fabricación de sacos de gran tamaño para materiales de construcción, alimentación animal y tetrabrik's, entre otros.

6.2.5 Papel Fotográfico

Se compone de una base de papel con un gel que contiene haluros de plata fotosensibles. Los papeles se diferencian según si es para fotografía en blanco y negro o en color. El papel fotográfico para color tiene un tipo de capa sensible a la luz que le permite la reproducción de todos los colores, para ello cada hoja, contiene 3 capas sensibles, desde arriba hacia abajo se encuentra: la del azul, la del verde y la del rojo. Cada una de estas capas contiene pigmentos de los colores complementarios a su sensibilidad: amarillo, magenta y cian.

6.2.6 Papel Encerado

Brindan una buena protección a los líquidos y vapores. Se utilizan mucho para envases de alimentos, especialmente repostería y cereales secos, también para la industria de los congelados y para varios tipos de envases industriales.

6.2.7 Papel calca

Son aquellos en los que en lugar de aplicar pigmentos y ligantes se aplican microcápsulas que contienen colorantes en su interior, lo que le confiere al papel la propiedad de poder colorear otros papeles en contacto con el interior de las microcápsulas.

6.2.8 Celofán

El celofán es un polímero natural derivado de la celulosa, tiene el aspecto de una película fina, transparente, flexible, resistente a esfuerzos de tracción y muy fácil de cortar. Otras cualidades son su capacidad biodegradable, que no resiste bien la humedad ya que tiende a absorberla y su baja permeabilidad, tanto al aire como a la grasa y las bacterias, que lo hacen útil como material para envoltorio de alimentos. Se utiliza principalmente como envoltorio de alimentos, regalos y flores.

6.2.9 Mezclas de papel con otros residuos

A parte de estas tipologías de papel también se hallaron mezclas de éste con otros residuos, las mas comunes fueron las de papel + aluminio, encontrado en envolturas de alimentos como chicles, papel + metal + tela, hallado en un tipo de sobre, papel + plástico y papel + plástico + metal encontrados en las pegatinas seguridad.

6.3 TETRABRIK

El Tetrabrik es un envase mixto que se compone de tres materiales diferentes: el cartón (21 gr.) procedente de celulosa virgen le proporciona la rigidez, el plástico polietileno (5,8 gr.) le proporciona la estanqueidad y el aluminio (1,4 gr) evita que la luz y el oxígeno penetren en el envase. Estos materiales están dispuestos en 5 láminas superpuestas: 3 de polietileno, 1 de aluminio y 1 de papel Kraft de alta calidad.

Desde el 1992 es posible reciclar este envase mediante un sistema que permite separar los componentes de los envases de tetrabrik y reintroducirlos en el ciclo productivo, como es el caso del el papel y del aluminio, o bien para generar energía como sucede con el polietileno. Un sencillo proceso de agitación de tetrabriks con agua, permite extraer la fibra de papel situada entre el aluminio y el polietileno. Por cada tonelada de Tetrabrik reciclado se ahorran 3.000 KW de energía eléctrica, 100.000 litros de agua, 221 Kg de fuel-oil, 1.500 Kg de madera en tratamiento. (<http://es.wikipedia.org>, <http://www.tetrapak.com>, <http://www.ereciclaje.com/reciclables/tetrapack/tetrapack.htm>)

6.4 ALUMINIO Y HOJALATA

Este residuo se halló principalmente en forma de latas, que se definen como envases opacos y resistentes que resultan adecuados para contener líquidos y productos en conserva. Los materiales de fabricación más habituales son la hojalata y el aluminio. (<http://es.wikipedia.org/>)

El aluminio es un metal no ferroso, ligero, maleable, dúctil, blando y con un punto de fusión bajo de 660 °C, buen conductor del calor y de la electricidad y resistente a la corrosión (*ibid*). A menudo se mezcla con pequeñas cantidades de otros metales para formar aleaciones, las cuales son más duras y resistentes. Los compuestos de este material tienen muchos usos diferentes, por ejemplo, la alúmina en abrasivos y revestimientos de hornos, en antiácidos, astringentes, aspirina con cubierta entérica, aditivos para alimentos y desodorantes. Puede ser incorporado desde el suelo por algunas plantas, pero no se acumula de manera significativa ni en plantas ni en animales. (http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts22.html)

La hojalata es un producto laminado plano, constituido por acero con bajo contenido en carbono, recubierto por ambas caras por una capa de estaño. Su composición es la siguiente (del exterior al interior): película de aceite, película de pasivación¹⁵, estaño libre, aleación Fe Sn₂ y acero libre. Se trata de un material ideal para la fabricación de envases metálicos, ya que combina la resistencia mecánica y la capacidad de conformación del acero con la resistencia a la corrosión del estaño. Se utiliza en la fabricación de tapones, manijas, tapaderas y botes metálicos para alimentos, productos sintéticos, aceites y derivados. (*ibid*)

Tanto el aluminio como la hojalata son buenos materiales para el reciclaje pues no cambian sus características químicas durante el reciclado. El proceso se puede repetir indefinidamente y los objetos de aluminio se pueden fabricar enteramente con material reciclado. Además, se pagan con el valor más alto de todos los residuos de envases y embalajes, lo que es un incentivo para su recuperación (Tabla 14). (*ibid*)

6.5 VIDRIO

El vidrio es un material duro, frágil y transparente que normalmente se obtiene por fusión a unos 1.500 °C de arena de sílice (SiO₂), carbonato sódico (Na₂CO₃) y caliza (CaCO₃). Como tiene un elevado punto de fusión y sufre poca contracción y dilatación con los cambios de temperatura, es adecuado para aparatos de laboratorio y objetos sometidos a choques térmicos. Otra propiedad que se le confiere es la de mal conductor del calor y la electricidad, por lo que resulta práctico para el aislamiento térmico y eléctrico.

Es totalmente reciclabl e y no hay límite en la cantidad de veces que puede ser reprocesado. Al reciclarlo no se pierden las propiedades y se ahorra una cantidad de energía de alrededor del 30% con respecto al vidrio nuevo. Para su adecuado reciclaje, el vidrio es separado y clasificado según su color. Una clasificación general es la que divide a los vidrios en tres grupos: verde, ámbar o café y transparente. (<http://es.wikipedia.org>, Microsoft® Student 2007)

6.6 MATERIA ORGÁNICA

La materia orgánica es un residuo sólido putrescible, compuesto mayormente por cáscaras de fruta, de verduras, de huevo, sobrantes de comida y café, bolsas de té y cabellos. Al mezclarse con el resto de residuos del relleno sanitario y con la ayuda de la lluvia, se generan lixiviados que percolan a través de los desechos sólidos reaccionando con los productos en descomposición, con los químicos y con otros compuestos. El lixiviado rico en ácidos orgánicos, iones sulfato y con altas concentraciones de iones metálicos comunes,

¹⁵ Se refiere a la formación de una película relativamente inerte, sobre la superficie de un material (frecuentemente un metal), que lo enmascara en contra de la acción de agentes externos.

especialmente hierro, lo que lo convierte en altamente contaminante. (<http://www.sma.df.gob.mx/rsolidos> y <http://es.wikipedia.org>)

Una alternativa para la disposición final de la materia orgánica, es el compostaje, es una técnica basada en el proceso de descomposición controlada de la materia orgánica. En lugar de permitir que el proceso suceda de forma lenta en la propia naturaleza, puede prepararse un entorno optimizando las condiciones para que las bacterias aeróbias termófilas proliferen, aumentando la velocidad de descomposición de la materia orgánica. Como resultado de este proceso se obtiene el humus que se utiliza como abono en jardines, agricultura o como control de la erosión en bosques. (*ibid*)

6.7 RESIDUOS PELIGROSOS

En México, la NOM-052-SEMARNAT-2005 es la ley que determina cuales son los residuos peligrosos. Durante la investigación se encontraron los siguientes residuos peligrosos: encendedores, cartuchos de impresora, CD y disquetes, pilas y residuos de objetos punzocortantes usados, a continuación se explica cada uno de ellos con más detalle para saber el porqué de su peligrosidad.

6.7.1 Encendedor

Los encendedores se componen de un depósito que almacena el combustible (gasolina o gas), de una piedra de tipo pedernal (compuesta de SiO_2) que provoca la chispa por roce con un metal ferroso, de una válvula que cierra la salida de combustible y de una pieza de hojalata por la que sale la llama y que al mismo tiempo, sirve de protección. Su peligrosidad reside en el gas inflamable que contiene, compuesto por hidrocarburos como el propano, el butano y el pentano o mezclas de esos gases, que se licuan para emplearlos como combustible. Cabe señalar que en los rellenos sanitarios, la acción de fermentación de los deshechos orgánicos provoca la generación de microorganismos que generan la disolución de los materiales de hojalata y ferrosos mediante un proceso de biocorrosión, el producto de este proceso provocaría la liberación del estaño, del aluminio y otros productos que se unirían a los lixiviados aumentando su toxicidad. (Sánchez, J.M., 2004, <http://es.wikipedia.org>, Enciclopedia Microsoft® Encarta® Online 2007)

6.7.2 Cartucho de impresora y tóner¹⁶

Las tintas de imprenta se componen de pigmentos sólidos dispersados en aceite o en aceite con agua. El tóner, por el contrario, se compone de tinta seca que es un polvo fino, normalmente de color negro, que se deposita en el papel mediante la xerografía, técnica por la que el pigmento se adhiere a la hoja mediante atracción electrostática. Una vez adherido,

¹⁶ Microsoft® Student 2007 [DVD], Sánchez, J.M., 2006, <http://www.uma.es/ficha.php?id=17950%20>, http://www.xpertia.com/home.asp?tip=usu&item=pregunta&id=5&id_item=153375&idr=119320

se fija en el papel por medio de la presión o el calor adecuados. En este proceso no intervienen diluyentes.

La peligrosidad de las tintas y tóner, reside en el tipo de componentes utilizados, los principales son los colorantes, algunos de ellos de naturaleza química parecida a los hidrocarburos aromáticos policíclicos o PAH, estos componentes se consideran compuestos orgánicos persistentes (COP's) ya que presentan una baja solubilidad en agua, además de ser la mayoría de ellos lipofílicos lo que les permite bioacumularse en animales, vegetales e invertebrados terrestres y acuáticos, así como concentrarse en sedimentos y suelos, en una extensión que dependerá de su persistencia en cada medio, debido a esto pueden permanecer en el medioambiente durante largos periodos de tiempo sin alterar sus propiedades tóxicas. Los principales impactos de los PAH's en la salud humana se centran en sus propiedades genotóxicas, es decir causan daños al material genético mediante la inhalación o contacto dérmico por periodos prolongados.

Un ejemplo de PAH es el benceno, es un líquido incoloro, muy volátil, que sirve como base de productos aromáticos intermedios utilizados en la elaboración de material plástico, caucho sintético, colorantes, pinturas, resinas, barniz, detergentes y plaguicidas.

El hecho de que en las tintas de impresora se utilice además una base de aceite hace que los PAH's sean insolubles en el agua por lo que además de lo anteriormente nombrado dificultan el intercambio de gases en la vida acuática y terrestre aeróbica. Actualmente se está cambiando la base de aceite por una de agua por lo que disminuyen su peligrosidad, aun y así, se siguen utilizando los colorantes.

6.7.3 CD y Disquet¹⁷

Los discos ópticos, independientemente de que sean Compact Disk (CD) o Digital Versatile Disk (DVD), están fabricados en diversas capas de materiales de las que destacan principalmente tres:

- *Policarbonato*. Es un tipo de plástico y constituye la masa del disco, se trata de una pasta hecha con un material de carbono muy similar a los polivinilos y otros materiales plásticos.
- *Tinte fotosensible*. Al policarbonato, se le añade un tinte fotosensible, proporcionando color a la mezcla. Existen tres tipos de tinte fotosensible empleados en la fabricación de discos ópticos.
 - El primer tipo son los componentes Azo, que son componentes orgánicos formados por dobles enlaces entre moléculas de nitrógeno que están unidas a

17 Garay, R. 2006, <http://www.consumer.es/web/es/tecnologia/hardware/2006/01/26/148862.php?page=3>, <http://www.cederika.com/castellano.html> y <http://www.epa.gov/epaoswer/general/espanol/sp-lifecd.pdf>.

moléculas de compuestos de carbono, conocidos como ciclos aromáticos derivados del benceno (PAH). Son estables ante la luz y de color azul oscuro. Según Romaguera, C. y Vilaplana, J. 2006, en su artículo “*Dermatitis de contacto por parafenilenodiamina: una sensibilización con múltiples problemas*”, este tipo de tinte es sensibilizante, lo que implica que por contacto puede generar eccemas en la piel. Como pertenece a los PAH's son válidas las mismas explicaciones utilizadas para las tintas y tóners del apartado anterior.

- El segundo tipo son las Cianinas, son compuestos orgánicos nitrogenados, menos estables ante la luz, por lo que generalmente se las usa mezcladas con productos estabilizantes. Dan un color azul verdoso.
- El tercer y último tipo, lo componen las Ftalocianinas, son una red de ciclos de moléculas de carbono que pueden tener en su centro un metal retenido mediante enlaces iónicos. Tienen una gran estabilidad ante la luz, por lo que son muy utilizadas para aumentar la vida de los discos ópticos. Su color puede ser dorado, plateado o verde, luminoso dependiendo del metal que haya en su centro.
- Recubrimiento metálico. Se trata de una capa de metal de grosor imperceptible que recubre la cara legible del disco. Las marcas más baratas suelen emplear aluminio, mientras que los discos de gama media incorporan plata y los de gama alta oro. Del tipo de metal empleado depende la durabilidad del disco. La función del recubrimiento metálico es reflejar el rayo láser del lector.
- El CD recibe después un revestimiento de laca como una capa protectora contra los rayazos y la corrosión.

Es importante destacar la diferencia entre los CD-R (Compact Disk Recordable) y los CD-RW (Compact Disk ReWritable), los primeros sólo permiten una grabación, mientras que los segundos pueden ser grabados tantas veces como lo permita la vida útil del mismo. A nivel de composición, la diferencia entre ambos recae en que los CD-RW contienen plata, telurio, indio y antimonio en su superficie.

Igual que en el apartado anterior, la peligrosidad de estos residuos recae en los tintes, lacas y aluminio que contienen, éstos deben ser tratados para que no dañen el medio ambiente, para evitar encontrarlos en los tiraderos y para reutilizar los materiales que lo permitan.

Actualmente hay empresas que se dedican al reciclaje de los CD's y DVD's mediante la trituración, limpieza, fundición y corte de los mismos, quedando finalmente el policarbonato plástico que se reutiliza para otros sectores como el del automovilismo.

Respecto a los disquetes o discos flexibles, son elementos planos, de forma circular, elaborado sobre un material plástico denominado mylar y recubierto por una sustancia magnetizable la cual es normalmente óxido de hierro, ambas partes se encuentran dentro de una funda de plástico PVC que los protege.

6.7.4 Residuos de objetos punzocortantes usados

Su peligrosidad reside en la posibilidad de contener sangre o agentes biológico infecciosos que pueden afectar a la persona que lo manipule, la normativa mexicana clasifica dentro de los residuos provenientes de hospitales, laboratorios y consultorios médicos con categoría de biológico infecciosos. (SEDESOL, 2005)

6.7.5 Pilas

Las pilas son generadores portátiles que convierten la energía química en eléctrica, por su composición, pueden considerarse residuos nocivos con presencia de metales pesados. Las pilas alcalinas, están compuestas por dióxido de manganeso y zinc, mientras que las comunes lo están por carbono y zinc. Respecto a las micropilas, existen diferentes clases: las constituidas por zinc-aire, las alcalinas, las de óxido de plata, las de litio y las de óxido de mercurio, habiendo una larga lista de otros componentes. (http://www.mantra.com.ar/contenido/frame_pilacomp.html).

Estas pilas sufren la corrosión de sus carcassas afectadas, internamente por sus componentes y externamente, por la acción climática y por el proceso de fermentación de la basura, especialmente la materia orgánica, que al elevar su temperatura hasta los 70º C, actúa como un reactor de la contaminación. (*ibid*)

Cuando se produce el derrame de los electrolitos internos de las pilas, arrastra los metales pesados que fluyen por el suelo, este proceso se ve favorecido en terrenos salinos o con PH muy ácido ya que dichos metales se encuentran en forma oxidada. Al percolarse en los suelos o aguas va contaminando toda forma de vida pues dichos metales son asimilados por vegetales y animales, acumulándose en la cadena trófica. (*ibid*, Stofer, H., Orellana, A., Ronilla, R., 2005)

7 METODOLOGÍA

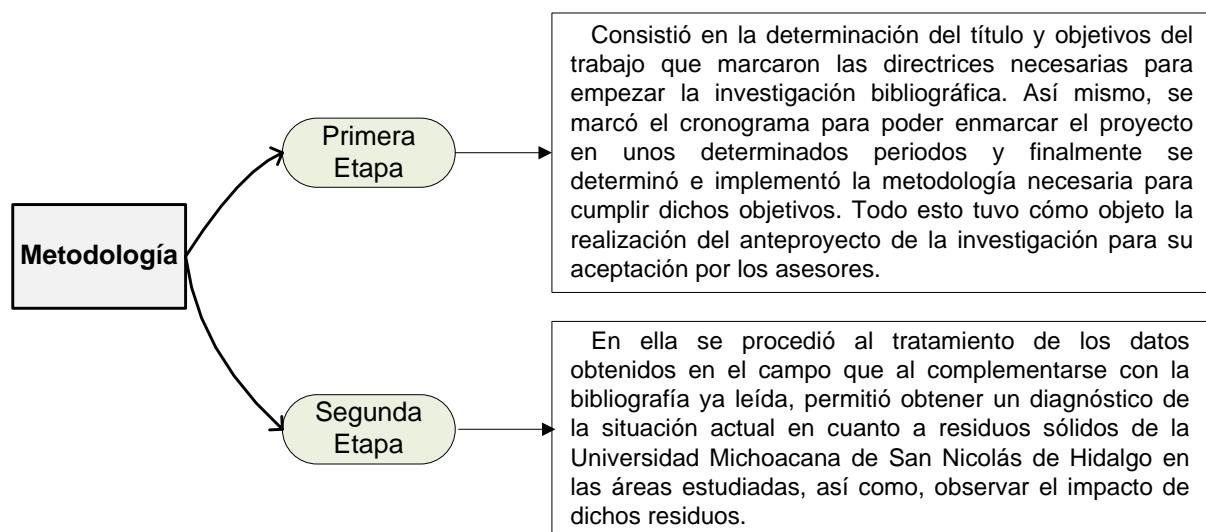
La forma en la que debe determinarse la generación de residuos sólidos municipales, se define en la Norma Mexicana NMX-AA-061-1985, dónde se especifica la utilización del método del cuarteo, explicado anteriormente, en el cual se trabaja con cantidades mínimas de 50 Kg. de residuos sólidos que posteriormente serán separados y pesados según el formulario propuesto en la NMX-AA-022-1985, de NTRS-5. Al plantear la tesis y sus objetivos se determinó que no se podía utilizar el cuarteo ya que los volúmenes de residuos exigidos en él eran demasiado grandes comparado con lo que se esperó recoger por categoría y cubículo. Debido a que el objetivo fue saber en detalle los residuos producidos en bibliotecas, cómputos, cubículos administrativos y académicos de la ciudad universitaria se buscó una metodología alternativa.

Debía ser una metodología no selectiva ya que no se podía pedir a los participantes que separaran sus residuos en fracciones debido, por una parte, a la insuficiencia de material disponible para todos los espacios a muestrear y por otra, a que muchos de éstos espacios no podían albergar el material necesario para la separación por su reducido tamaño, lo que hubiera supuesto un esfuerzo extra que muchos no estaban dispuestos a hacer. Si se hubiera intentado implementar una metodología selectiva habría disminuido la participación en el proyecto.

Por lo tanto, se optó por una metodología de recogida no selectiva puerta a puerta (Grup de Residus d'Ecologistes en Acció de Catalunya, 2004). No selectiva porque se recogían en una misma bolsa, todos los residuos generados por las personas que ocupaban los espacios muestreados, y puerta a puerta porque se acordaba con dichas personas el día y hora en que se recogerían las bolsas en sus lugares de trabajo. Una vez sabido esto fue necesario establecer cómo se iba a determinar cada fracción de residuo, para lo que se utilizó lo marcado por la NMX-AA-022-1985 en su formato NTRS-5 de clasificación y pesado de los residuos. Esta metodología permitió la clasificación por tipología de residuo y espacio a muestrear de todos los residuos sólidos de la Ciudad Universitaria.

Para la elaboración de la tesis fue importante establecer etapas de trabajo bien definidas que a su vez incluyeron la realización de varias acciones necesarias para ir cumpliendo los objetivos propuestos. A continuación se exponen dichas etapas:

Esquema 1. Etapas de la metodología



Elaboración propia.

7.1 PRIMERA ETAPA

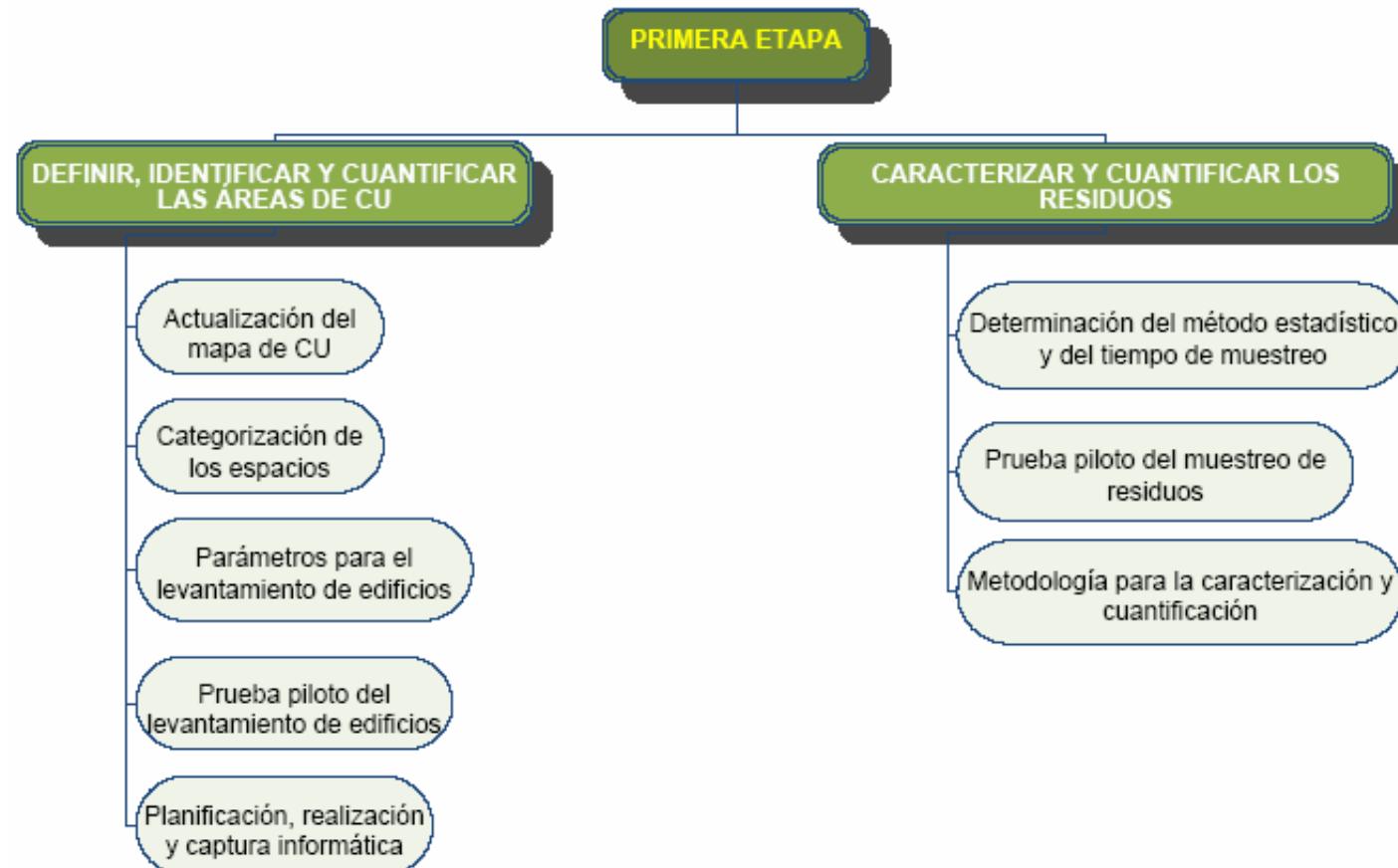
En esta etapa se empezó a confeccionar el trabajo, definiendo en primer lugar, el título y objetivos para acotar el área de investigación. A partir de esto, se realizó la investigación bibliográfica con el fin de adquirir conocimientos y comparar diversas metodologías de trabajos similares para cumplir con los objetivos propuestos y elaborar una metodología propia para esta investigación. A la par con la revisión bibliográfica se estableció el cronograma para marcar el ritmo de trabajo.

Del objetivo general se definieron los diferentes objetivos específicos y a partir de éstos se empezó a trabajar en el diseño de la metodología necesaria para lograr el objeto de estudio del proyecto. Esto requirió la revisión de la bibliografía relacionada con trabajos similares a éste para comparar las metodologías utilizadas en cada caso y ver cómo se podían adaptar dichas metodologías a este estudio en concreto.

Una parte del trabajo de gabinete y campo no incluida en ninguno de los objetivos fue la realización y entrega de los permisos necesarios para la obtención del mapeo de los edificios. Lo que posteriormente facilitó la estrategia a seguir para la cuantificación y elección de los espacios viables que serían objeto de estudios en la investigación.

El Esquema 2 muestra a modo de resumen los pasos e ideas más importantes seguidas durante la primera parte de la metodología que a lo largo del documento se irán desarrollando en más profundidad.

Esquema 2. Fases primera etapa



Elaboración propia.

7.1.1 Definir, identificar y cuantificar las áreas existentes en los edificios de Ciudad Universitaria (CU)

a. *Mapa general de CU.*

El mapa general de CU (Anexo 9) se obtuvo en el departamento de Planeación Universitaria. Sobre él se realizó una actualización a través de recorridos *in situ* que duró aproximadamente dos días. Éste sirvió para determinar el número de edificios presentes (58), así como, la letra que los designaba, su ubicación y temática, es decir, si era administrativo, académico o contenía ambos rubros, si era de una carrera o de varias etc...

b. *Definición de cubículo, administrativo y académico. Categorización de los diferentes espacios que se espero encontrar.*

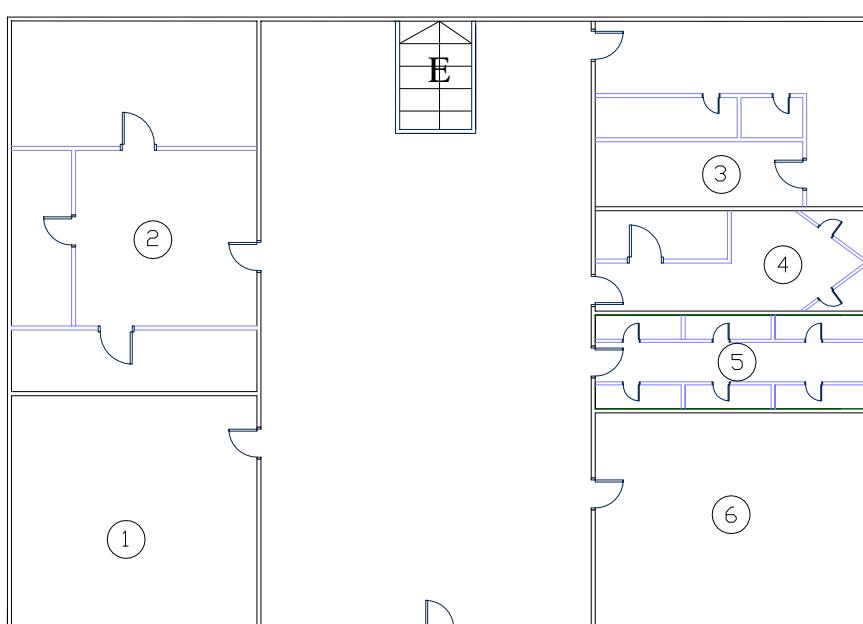
Para evitar confusiones y facilitar la delimitación de espacios en el momento del trabajo de campo se definió lo que se entendía como cubículo y dentro de éste las tipologías de administrativo y académico (Anexo 3).

Cubículo (Cu): espacio determinado por una sola puerta o entrada y que puede contener varios escritorios o compartimentos.

Administrativo (Ad): espacio en el cuál se llevan a cabo trámites de alumnos y/o trabajadores docentes de la universidad.

Académico (Ac): espacio destinado a uno o más maestros en el que desarrolla su trabajo fuera del aula.

Figura 4. Planta prototípica de edificio.



Elaboración propia.

La Figura 4, es un símil de planta de los edificios de CU, en ella se pueden observar seis espacios delimitados en negro correspondientes a los cubículos y un rectángulo con la letra E de escalera (Tabla 9). Los cubículos 1 y 6 no tienen compartimentos dentro, pero el resto sí los tienen y se han delimitado en azul para marcar la diferencia entre cubículo y compartimiento. No importa cuantos compartimentos haya dentro de un cubículo o si se utilizan como cocina, baño o despacho para una o varias personas ya que se les pidió a los trabajadores que durante el muestreo tiraran sus residuos en las papeleras de las oficinas, sin contar los de los sanitarios.

Luego, se asignó una nomenclatura para cada tipología de espacio que se esperaba encontrar con el fin de obtener una mayor claridad y entendimiento de los mapas de cada edificio. Tal como se muestra en la Tabla 9 se dejó una celda en blanco con el nombre de *otros* por si se encontraba algún espacio no contemplado en la lista.

Tabla 9. Nomenclatura de los diferentes espacios.

Nomenclatura	Espacio
Ac	Académico
Ad	Administrativo
Bl	Biblioteca
Cm	Computo
Cu	Cubículo
Ft	Fotocopiadora
Lb	Laboratorios
A	Aula
Au	Auditorio
Bd	Bodega/Almacén
Cl	Cuarto Limpieza
Co	Cocina
Ev	Espacio vacío
S o B	Sanitarios/Baños
Sj	Sala de Juntas
Sm	Sala de Maestros
E	Escalera
Otros	

Elaboración propia.

c. Parámetros para realizar el levantamiento de los edificios, entendiendo como levantamiento la caracterización, cuantificación y distribución interior de los espacios en cada uno de los edificios.

Para conseguir el levantamiento de todos los edificios contenidos en Ciudad Universitaria (CU), se necesitó una óptima organización (Esquema 2). A partir del mapa de CU actualizado se contabilizaron un total de 58 edificios (Tabla 7). El siguiente paso, fue la elaboración de criterios a seguir, con la finalidad de facilitar la realización e interpretación de

los mapas que de allí surgieron. De estos criterios, se hizo un *Formulario de levantamiento de edificios* (Anexo 3) que contenía:

- Las **instrucciones** que se debían seguir al llegar a un edificio para dibujarlo:
- **Preguntas** a tener en cuenta en cada edificio:
 - * ¿En qué planta te encuentras?
 - * ¿Tipo de cubículo (AD o AC, CM, BL u otros)?
 - * ¿Número de personas que trabajan en el o los cubículos en la mañana y en la tarde?
 - * ¿Cuentan con separadores de residuos, ej: plástico, papel...?
 - * ¿A qué Escuela, Facultad o Instituto pertenece?
 - * ¿Qué tipo de espacio es? (Ej: dirección, departamento, laboratorio, coordinación, secretaría...)
 - * ¿Cuántos intendentes¹⁸ hay y cómo se llaman?
 - * ¿Horario de trabajo?
 - * ¿Qué espacios limpian, qué días y a qué horas?
- **Indicaciones:**
 - * Iniciar el muestreo y numerar de derecha a izquierda y de abajo a arriba.
 - * La numeración debe seguir una secuencia (de 1 a X) en todo el edificio y no por plantas.
 - * Especificar la entrada por la que se inicia el muestreo, ubicando el edificio o calle más cercano.
 - * Dibujar todos los espacios del edificio, como por ejemplo: baños, cocinas, bodegas, salas de maestros...
 - * Cada espacio debe contener:
 - * Ubicación de puertas.
 - a. Numeración de espacio.
 - b. Nombre del espacio y escuela a que pertenece.
 - c. Tipo (según nomenclatura).
 - d. Número de personas que trabajan mañana y tarde.
- Las **definiciones y nomenclatura** explicadas en apartado 7.1.1.b.

¹⁸ En Michoacán se entiende por intendente a la persona encargada de la limpieza de los edificios.

- Los **espacios** para dibujar cada planta de los edificios. Se dividió cada hoja a la mitad y se delimitaron dos marcos por hoja de 12 cm de alto y 13 cm de ancho, uno por planta de edificio, que facilitaría la trascipción más nítida de los mismos.
- Se les pidió que detrás de la hoja de instrucciones apuntaran los **datos del personal de limpieza** (nombre, apellidos, horario y espacios dónde trabajan) y los **cubículos ordenados** de menor a mayor con los nombres de las dependencias y el número de ocupantes. Por ejemplo:
 - Cu 1 Ad Administración, 6 personas
 - Cu 2 Ac Laura Carrillo Mainé, 1 persona

El propósito de solicitar esta información del personal de limpieza fue, en primer lugar, que conocieran la existencia el proyecto que se estaba llevando a cabo y la finalidad del mismo y en segundo lugar, pedirles su colaboración para que no se llevaran los residuos o para que los guardaran si fuera necesario. Se buscó que tanto el personal de limpieza, como los académicos y administrativos de los edificios, conocieran este proyecto y sus objetivos para despertar así, el interés y las ganas de colaborar en esta y en la siguiente fase del proyecto.

d. Realización de la prueba piloto para el levantamiento de edificios.

Se realizó una prueba piloto en los edificios que se creyó que iban a representar una mayor dificultad para el levantamiento por sus características. Se escogieron un total de 6 edificios para el ensayo del *Formulario* con el único fin de definirlo, ajustarlo y calcular el material de muestreo para el resto de edificios. Los edificios escogidos fueron el N, TR, R, A1, U5 y el U4 (Tabla 7).

De esta prueba se estimó el tiempo promedio del levantamiento de los edificios que fue de 47,7 minutos por edificio. Debido a la falta de tiempo que se previó fue necesaria la búsqueda de personas que quisieran colaborar en los levantamientos.

e. Planificación, realización y captura informática del levantamiento del resto de edificios.

De la prueba piloto se concluyó la necesidad de buscar personal voluntario para el levantamiento del resto de edificios. Fue necesaria una sesión informativa con la finalidad de explicar a los colaboradores la pauta a seguir al llegar a cada edificio para dibujarlos, así como para que supieran justificar la necesidad de entrar en todos los lugares de los mismos. Para impedir posibles problemas en el momento de entrar en los cubículos o pedir el número de trabajadores totales de esos espacios, se les proporcionó un documento firmado por la Facultad de Biología y por el Rectorado (Anexo 1) dónde se concedía, a todos los ayudantes del proyecto, permiso para entrar en todas las dependencias de Ciudad

Universitaria (CU) y se les solicitaba colaboración en lo necesario. Dicho documento fue enviado a todos los directores de las licenciaturas, institutos y edificios administrativos existentes en CU para que fueran debidamente informados.

Una vez obtenidos todos los mapas se hizo una selección de aquellos que servían para el alcance del objetivo general, es decir, aquellos que contenían cubículos administrativos, académicos, centros de cómputo, bibliotecas y/o bibliotecas con cómputos. Los edificios que se citan a continuación fueron descartados después de este levantamiento por no contener nada de lo mencionado anteriormente: la Radio Nicolaita, el PIM (Postgrado de Ingeniería de la Madera) porque era nuevo y todavía no estaba en funcionamiento, el J, que es completamente de laboratorios y el T1, por contener solo aulas de clase (Tabla 7).

De un total de 58 edificios dentro del recinto de CU, fueron 54 los que cumplieron con los criterios para la realización del proyecto, de éstos se contabilizó un total de 305 espacios académicos, 142 espacios administrativos, 15 centros de cómputo, 13 bibliotecas y 3 espacios mixtos de biblioteca y cómputo.

Finalmente, sólo quedó establecer el material necesario para el levantamiento de edificios (según los resultados de la prueba piloto) por colaborador que se compuso de un bolígrafo, una carpeta que contenía el permiso del Rectorado, el mapa de CU, el *Formulario de levantamiento de edificios* y hojas sueltas. Se estableció un periodo máximo de trabajo para esta etapa de 1 mes. Al mismo tiempo se fue introduciendo la información de los edificios y trabajadores en el programa Microsoft Office Excel 2003©.

7.1.2 Caracterizar y cuantificar los residuos sólidos generados en dichas áreas

a. *Determinación del método estadístico que se debía seguir en la elección de los espacios y del tiempo que se muestrearían para la fiabilidad de los datos.*

Una vez reunida la información de los espacios a muestrear en los 54 edificios de CU se estableció el diseño del muestreo a seguir para lo que fue necesario consultar a Carlos A. Tena Morelos profesor de estadística de la Facultad de Biología de la UMSNH así como bibliografía relacionada con la parte estadística de la metodología de investigación y otros proyectos relacionados (ver Antecedentes).

Se decidió muestrear cada espacio de lunes a viernes ya que son días laborales para el personal. Posteriormente se estableció el porcentaje a muestrear de cada rubro por semana (Tabla 10) según el total de espacios, la representatividad de la muestra, el personal implicado, el tiempo y el dinero de que se disponía. Se decidió muestrear el 10% de los cubículos académicos (Ac) y administrativos (Ad), el 50% de las bibliotecas (Bl) y cómputos (Cm) y el 100% de las bibliotecas con cómputos (Bl+Cm), asumiendo que en las siguientes 4 semanas de muestreo habría repeticiones en los rubros de Bl, Cm y Bl+Cm,

dichas repeticiones fueron útiles para ver la variabilidad de los espacios repetidos y mantener los porcentajes por semana.

El siguiente paso fue hacer el *Formulario de clasificación de residuos*, para lo que se utilizó como base el estipulado por la Norma Mexicana NMX-AA-022-1985, *Selección y cuantificación de subproductos* (Anexo 1 Digital), de él se contemplaron los residuos que se pensó podían encontrarse en las áreas de estudio, dejando lugares en blanco para nuevas tipologías. El *Formulario* final se muestra en el Anexo 5.1.

Tabla 10. Espacios totales a muestrear y porcentajes de muestreo por semana

Nomenclatura	Espacios	Muestreo por semana	
		%	espacios
Ac	305	10	31
Ad	142	10	14
Cm	15	50	8
Bl	13	50	7
Bl+Cm	3	100	3
Total	478		63

Elaboración propia

Dada la necesidad de calcular los tiempos de muestreo y el número de espacios necesarios para una correcta fiabilidad de los datos se utilizó la primera semana de muestreo como prueba piloto, para observar las deficiencias y dificultades que podían ocurrir y corregirlas para los siguientes muestreos. Dado el tipo de investigación, y previa consulta al experto, se determinó que sería necesario obtener un límite de confianza del 95% con un nivel de error muestral del 20%.

Para salvar las diferencias en la composición de los residuos, debidas al hecho de ser principio o fin de quincena y/o las que podrían darse por muestrear en períodos pre o post-vacaciones de los alumnos, se procuró el muestreo en ambos tipos de semana y períodos. En la Tabla 11 se muestran las características, según lo explicado en éste párrafo de las 4 semanas de muestreo.

Tabla 11. Semanas de muestreo

	24 al 28 Julio	31 Julio al 4 Agosto	7 al 11 Agosto	14 al 18 Agosto
Quincena	Final	Principio	Final	Principio
Vacaciones	Pre	Vacaciones alumnos		Post

Elaboración propia

El personal de la UMSNH cobra por quincenas, a principio de quincena es día de cobro por lo que se esperó que se gastara más que a finales, lo que implicaría una mayor generación de residuos al inicio de la misma.

Las diferencias en composición de residuos debidas al periodo pre y post-vacacional de los alumnos, podrían deberse a la actividad laboral de los trabajadores. Generalmente a principio de curso y semestre el trabajo es mayor en el rubro administrativo pero no es así en el de los maestros, ya que van empezando clases. Posiblemente, en los rubros de biblioteca y cómputo los períodos de mayor trabajo son los previos a los exámenes y las semanas de los mismos pues el alumnado pasa mas horas en estas dependencias y algunas de ellas hacen horarios más extensos que en el resto de periodos.

Una de las limitaciones que se asumió en la investigación fue el no poder capturar las posibles diferencias en la composición de los residuos debida a la estación del año ya que el tiempo no lo permitió.

Para la elección de los espacios en los que se recogieron los residuos se optó por asignar un número a cada espacio por categorías y hacer una elección aleatoria de los espacios mediante el programa Microsoft Office Excel 2003©. Se escogió un número de espacios de reserva de cada rubro para posibles bajas en el muestreo en campo. Seguidamente, se dividió el mapa de Ciudad Universitaria (CU) en 5 rutas (Anexo 2) para optimizar la entrega y recogida de las bolsas, y promover que los edificios de cada ruta se asociaran a una persona para aumentar la confianza y colaboración del personal de CU implicado.

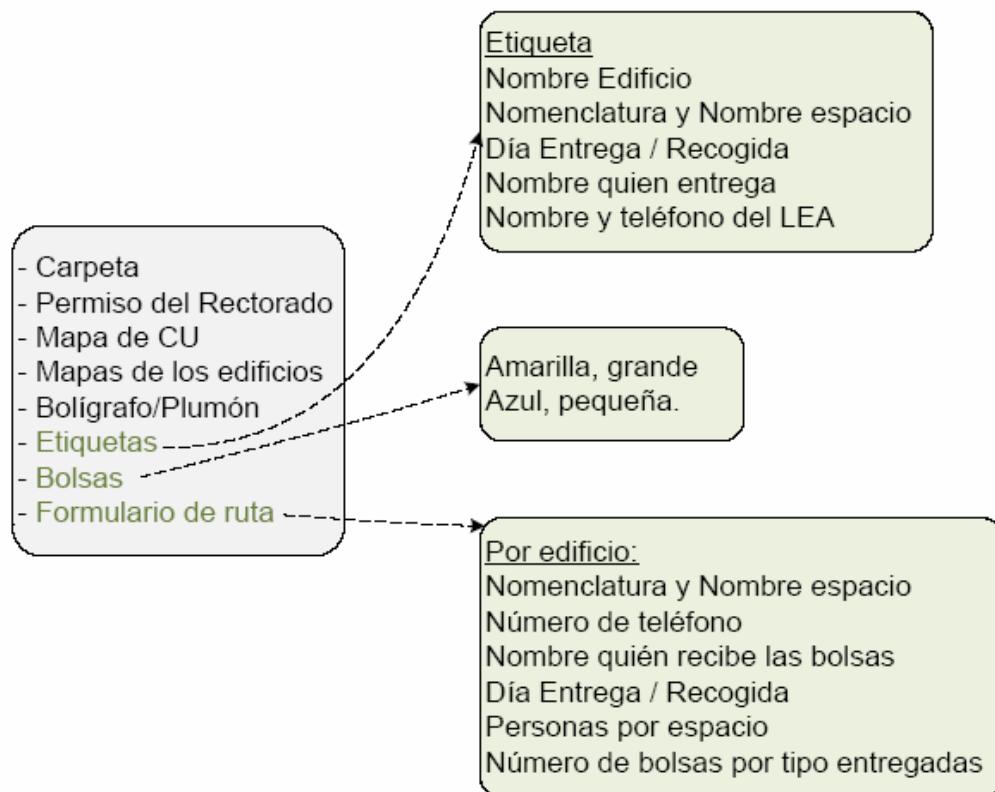
b. Realización de la prueba piloto.

Al igual que en la prueba piloto para el levantamiento de edificios, se estableció el material necesario (Esquema 3) y los días de entrega/recogida de bolsas. Cada persona volvió a disponer de la carpeta de papel, el permiso del Rectorado, el mapa de CU, los mapas de los edificios de su ruta, bolígrafo, el formulario de ruta (Anexo 2) y un determinado número de bolsas amarillas (grandes) y azules (pequeñas), así como etiquetas. Estos tres últimos materiales variaron en función del número de personas que hubiera en los espacios seleccionados de sus rutas. Se estableció llevar una bolsa por persona aproximadamente.

Las etiquetas sirvieron para la correcta identificación de las bolsas que se entregaban y recogían, por lo que cada una de ellas debía llevar escrito el nombre del edificio, la nomenclatura y el nombre del espacio, el día de entrega y recogida, el nombre de quién la entregaba, y finalmente, el nombre y teléfono del Laboratorio de Educación Ambiental (LEA) para cualquier duda o petición.

Los formularios de ruta (Anexo 2) se diseñaron para que se observaran los espacios dónde debían entregar o recoger bolsas que a su vez, estaban agrupados por edificios y ordenados para alcanzar el menor tiempo posible desde el punto de inicio que era el LEA. Cada espacio se delimitaba con un marco dónde se veía la letra o el nombre del edificio y la nomenclatura del mismo a muestrear. También se pedía que se escribiera el número de teléfono del espacio, el nombre de quién recogía las bolsas, el día de entrega y recogida, el número de personas por espacio para confirmar lo ya obtenido en el levantamiento de edificios y, el número de bolsas entregadas por si era necesario su cambio.

Esquema 3. Material de muestreo de residuos.



Elaboración propia

Se establecieron los lunes como días de entrega de bolsas, por lo que en ese día se hacía toda la ruta de los espacios seleccionados entregando las bolsas correspondientes ya fueran amarillas o azules. A los cubículos administrativos, se les recogieron las bolsas el miércoles, entregándoles nuevas que se pasarían a buscar el viernes junto con las del resto de rubros, esto se decidió así debido a que en el levantamiento de edificios se observó que este rubro contiene espacios con mayor número de personas que el resto y que, por ser lugares administrativos, el personal que lo compone tiende a estar formado por dos turnos, mañana y tarde de forma seguida, puesto que no imparten clases. Así mismo, se consideró que al estar la mayoría de cara al público, generarían un mayor volumen de residuos. Aquellos que lo pidieran, de cualquiera de los rubros, se les retirarían las bolsas a diario.

Con los pesos de los residuos más importantes recogidos durante la semana piloto se estableció la población a muestrear mediante el programa Ecological Methodology 2000© para conseguir el límite de confianza y el nivel de error muestral necesarios. De ello se obtuvo que el total de cubículos a muestrear contando la semana piloto fuera aproximadamente de 215, por lo que se procedió al muestreo del resto de espacios durante las siguientes tres semanas.

c. Definir la metodología necesaria para su caracterización y cuantificación.

Las bolsas recogidas se llevaron directamente al lugar de clasificación, que varió a lo largo del muestreo pasando de un aula de clases de la Facultad de Biología, al LEA. Una vez en el lugar se separaban y se pesaban los subproductos apuntando los datos en el *Formulario de Clasificación de residuos* basado en la NMX-AA-022-1985 que propone el formulario de clasificación NTRS-5 (Anexo 5.1 y 5.2). Este proceso no tuvo un tiempo específico, empezó la misma semana del muestreo y terminó dos semanas después de la última semana de recogida, comprendiendo un periodo aproximado de un mes y medio. Esta tarea se llevo a cabo en los momentos en los que no se estaban haciendo las rutas.

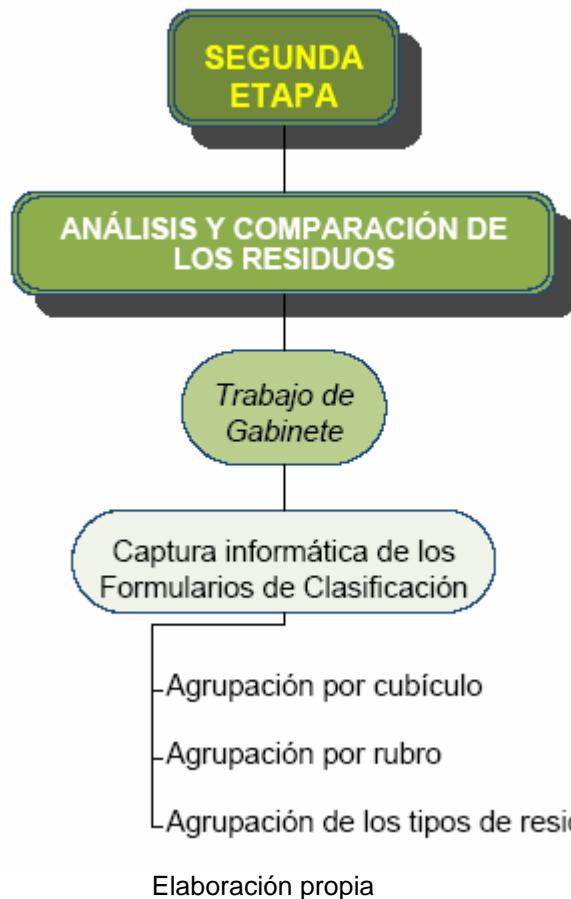
Al llegar al lugar de muestreo, se escribían las referencias de las etiquetas en el *Formulario* y se abrían las bolsas de las que se iban separando los distintos subproductos en una mesa. Cada tipo de residuo fue pesado en una balanza monoplato, luego se apuntó el peso en el formulario y el residuo se desecharon en otra bolsa mayor, según fuera papel, lata, vidrio, plástico o resto. De los residuos no orgánicos que se desconocía la composición, se les anotó su descripción en el formulario y se les asignó el número de formulario del que procedían, lo que sirvió para la posterior identificación al llevarlos frente al experto Juan Carlos Carrillo Amescua, investigador del Instituto de Investigaciones Químico Biológicas (IIQB) de la UMSNH, que proporcionó la composición de cada uno de ellos.

Finalmente, las bolsas que contenían los residuos ya pesados se llevaron a un centro de acopio o se tiraron en los lugares específicos de residuos que hay en CU etiquetadas según su contenido.

7.2 SEGUNDA ETAPA

Con todo el trabajo de campo realizado sólo faltó la captura informática de los datos que permitió, después de tratarlos debidamente, extraer las conclusiones sobre la composición, el peso de los residuos generados, la composición per cápita total y por rubro en CU durante el periodo de muestreo. Esta segunda etapa recoge, tal y como se observa en el Esquema 4, los últimos pasos realizados para poder proporcionar datos fiables sobre los residuos analizados de la UMSNH, que posteriormente podrán utilizarse para posibles planes de reducción y manejo de los mismos.

Esquema 4. Fases de la segunda etapa.



7.2.1 Captura informática, análisis y comparación de los residuos en las diferentes áreas.

Uno a uno se introdujeron todos los formularios, identificados por un número de registro, en el programa Microsoft Excel 2003©. En la mayoría de los casos, hubo varias bolsas de un mismo espacio muestreado debido al sistema de recogida con el que se trabajó, por lo que el siguiente paso, consistió en agrupar todos los formularios de un mismo espacio sumando los pesos de cada tipología de residuo. Esto permitió eliminar aquellos espacios que no se muestrearon durante una semana por cualquier causa.

Para poder agrupar también los residuos que no estaban contemplados en la lista pero que se fueron encontrando a lo largo del muestreo, se procedió a listarlos y agruparlos bajo las mismas categorías según su composición y no su descripción. Un caso que surgió con bastante frecuencia fue el de los bolígrafos, que al pesarse se separaron en tres partes: la tapa, el cuerpo del bolígrafo y el tubo de tinta. La primera parte se compone de PEAD (Polietileno de Alta Densidad) que es un tipo de plástico, la segunda se compone de PVC (Policloruro de Vinilo)+PEAD y la tercera por PVC+PEAD+Metal, por lo tanto, el peso de la tapa se sumaba a la tipología de plástico del número 2, PEAD, mientras que para el cuerpo del bolígrafo y el tubo de tinta, se hacía una nueva categoría. En este caso, se despreció la

Un tercer y último nivel de agrupación fue por espacios. Se agruparon y sumaron los pesos de cada tipo de residuo en académicos, administrativos, bibliotecas, cómputos y bibliotecas con cómputo. De aquí se extrajo el tipo de residuo que más se generó por rubro, lo que será de gran importancia para poder determinar en futuros proyectos la estrategia a seguir para una mayor disminución o recogida, según se decida.

Finalmente, utilizando esta última agrupación se dividió el peso de los residuos por tipo, entre el número de personas que los generaron, con la finalidad de obtener la generación promedio por persona y tipo de residuos. Esto permito la comparación de la generación per cápita de los residuos entre rubros.

8 RESULTADOS

Tras la realización del muestreo de residuos sólidos en los 54 edificios de Ciudad Universitaria de la UMSNH durante el periodo Julio-Agosto del año 2006, y después de la informatización y tratamiento de los datos obtenidos con el programa Microsoft Excel 2006©, se extrajeron los siguientes datos que se desarrollan en los sucesivos subapartados.

8.1 COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS POR RUBRO

8.1.1 General

Del muestreo se obtuvo la Tabla 12 de datos, en la que se representó, por semana de trabajo de campo (de 1 a 4) el total de espacios muestreados de los rubros establecidos como académicos (Ac), administrativos (Ad), bibliotecas (Bl), cómputos (Cm) y bibliotecas con cómputos (Bl+Cm). En ella también se observa el total de espacios de cada rubro existentes en CU.

Tabla 12. Resumen de los espacios muestreados y existentes en CU.

Rubros Semanas	Ac	Ad	Bl	Cm	Bl+Cm	TOTAL
1	21	13	8	8	3	53
2	12	14	6	5	-	37
3	27	14	7	8	2	58
4	27	11	4	7	-	49
Tamaño de muestra	87	52	25	28	5	197
Espacios en CU	305	142	13	15	3	478

Elaboración propia

De todos los espacios muestreados sólo en los académicos (Ac) y administrativos (Ad), no hubo repetición alguna ya que al haber muchos, se consideró que no sería posible el muestreo de todos ellos en el tiempo previsto, por lo que fue mejor aumentar la diversidad de personas muestreadas para obtener más fiabilidad en los datos. Por otra parte, en los rubros de biblioteca (Bl), cómputo (Cm) y biblioteca con cómputo (Bl+Cm), al haber menos espacios se planteó la posibilidad de un muestreo completo, además de hacer repeticiones para corroborar los datos obtenidos, así como, para mantener los porcentajes establecidos de muestro por rubro y semana (fijados en el 10% para los Ac y Ad, el 50% para los Cm y Bl, y el 100% para las Bl+Cm). Con los datos de la Tabla 10 del total de espacios de CU, los porcentajes establecidos por rubro implicaron un muestreo por semana de 30 cubículos académicos, 14 administrativos, 7 bibliotecas, 8 cómputos y 3 bibliotecas con cómputo. Por causas diversas (espacios cerrados o no usados en el periodo, etc) no siempre se pudo

mantener el número de cubículos estipulados por semana, aún y así, los espacios muestreados no distan demasiado del total propuesto inicialmente.

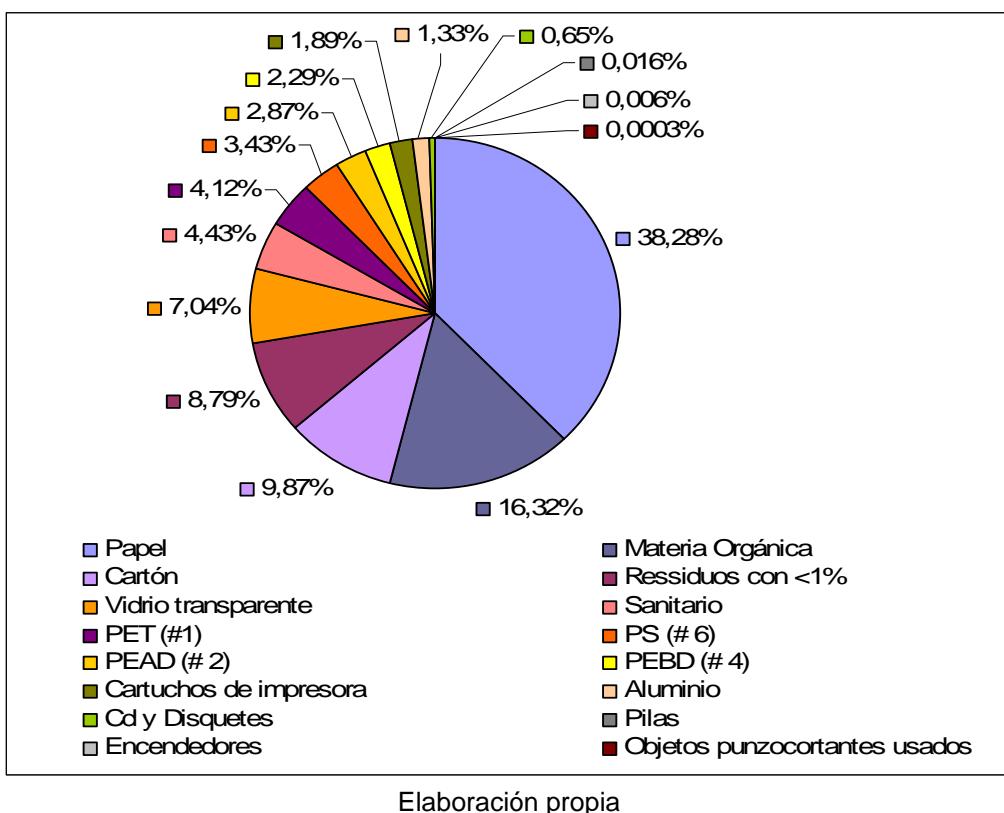
De los 478 espacios totales contabilizados en los 54 edificios seleccionados para la investigación, aproximadamente se necesitaban muestrear unos 215 para la obtención de datos fiables. En el este proyecto fueron muestreados 197, lo que supuso un 91,63% muestreado. Dadas las características del proyecto y la finalidad para la cual se diseñó, se consideró que este porcentaje arrojaría datos fiables que permitieran estipular la generación de residuos por rubro y año de CU, teniendo en cuenta el error debido a la diferencia de composición y peso por estación del año. Así mismo, se considerarían fiables también para que de él y de estudios similares en otras áreas, se extrajera la información necesaria para hacer el programa de gestión de residuos de la UMSNH.

Centrándose en el resultado del muestreo, se pesaron 155,790 Kg de residuos en las cuatro semanas y para los cinco rubros, arrojando un error típico de 1061,86 gr. Al multiplicar el peso total por seis meses se obtiene la generación de residuos equivalente a 934,743¹⁹ Kg y si se multiplica por 12 meses, el valor se eleva hasta 1.869,487¹⁹ Kg, casi dos toneladas de residuos generados en 197 espacios con 499 personas. Al dividir el peso de los residuos muestreados entre las personas de los espacios, se obtiene la generación per cápita de residuos que equivale a 0,31 Kg/persona y mes. Ésta es la cantidad aproximada de residuos que cada año van al relleno sanitario de Morelia. La composición de la misma se muestra en el Gráfico 6 en el que se omitieron aquellos residuos de porcentaje inferior al 1% para su mayor entendimiento. Los residuos omitidos se encuentran enlistados en el Anexo 7.

Respecto a los residuos generados por los administrativos, académicos, bibliotecas, cómputos y bibliotecas con cómputo, destacar que el residuo que predominó fue el *papel*, alcanzando un peso de 60,518 Kg durante el mes de muestreo, le siguió la *materia orgánica*, de la que se obtuvo un peso de 25,195 Kg producto de la comida que los participantes de la investigación consumen durante su jornada laboral y que, por otra parte, podrían ser utilizados en composta para el abono de las zonas verdes de CU entre otras funciones. No menos importante fue el peso en *cartón* que ascendió a 15,236 Kg que en porcentaje equivalió al 9,87% del peso total del muestreo.

¹⁹ Asumiendo el error producido por no tener datos de muestreos en otras épocas del año.

Gráfico 6. Residuos de porcentaje mayor al 1% de los espacios muestreados en CU



Al agrupar los residuos de porcentaje menor al 1%, se obtuvo que su porcentaje se elevó a 8,79% tal como se observa en el Gráfico 6, algunos de los residuos que conforman este grupo fueron agrupaciones de plástico y papel (0,88%), material ferroso (0,81%), celofán (0,71%), madera (0,70%), plástico del tipo 5 o Polipropileno (0,64%), bolsas metálicas (0,49%) y hojalata (0,42%) entre otros. El Anexo 7 contiene una lista de los residuos de porcentaje inferior al 1% que se encontraron en todos los rubros con el peso total de cada uno.

Otro residuo de relevancia fue el *vidrio transparente*, que a pesar de su porcentaje de 7,04%, fue de escasa presencia entre los espacios muestreados, dicho porcentaje se debió al elevado peso de cada envase.

Con 2,61 unidades por debajo se halló el residuo *sanitario*, con un peso de 6,833 Kg, asociado directamente con la materia orgánica pues prácticamente su totalidad fueron papeles de tipo servilletas manchadas con restos de comida.

Por debajo siguieron cuatro tipologías de plásticos, el *Polietilen Tereftalato* o *PET* (6,361 Kg), el *Poliestireno* o *PS* (5,293 Kg), el *Polietileno de Alta Densidad* o *PEAD* (4,429 Kg) y el *Polietileno de Baja Densidad* o *PEBD* (3,528 Kg). De los cuatro, el que menos se utiliza en lo relacionado a la comida es el *PEBD*, el resto se encontraron comúnmente como cañas de plástico, envases y contenedores de: leche, agua, jugos y alimentos. El *PEBD* se utiliza en mayor medida (apartado 6.1.4) para cables, cierres por calor y tapas flexibles,

entre otros usos. El *aluminio* fue otro residuo asociado a las comidas de los trabajadores, pues se manifestó mayormente en forma de latas de refrescos, de él se obtuvo un peso de 2,056 Kg durante el mes de muestreo.

Finalmente, los residuos considerados por la NOM-052-SEMARNAT-2005 como peligrosos cuantificados durante la investigación fueron los *cartuchos de impresora* (2,924 Kg), los CD's y disquetes (1,005 Kg), las *pilas* (24,40 gr.), los *encendedores* (9,30 gr.) y los *residuos de objetos punzo cortantes* (0,40 gr.). De éstos destacan los dos primeros, de uso común en las áreas estudiadas pues son unas herramientas básicas, tanto para maestros, administrativos, bibliotecarios e informáticos. Las pilas, encendedores y residuos de objetos punzo cortantes se hallaron de forma puntual en algunos de los cubículos.

8.1.2 Académicos

Durante las cuatro semanas muestreadas se clasificaron y pesaron 87 cubículos académicos de un total de 305, lo que representa un 28,52%. Los residuos que se encontraron en ellos se presentan en el Gráfico 7, dónde por colores se puede observar el porcentaje en peso de cada residuo encontrado. (Residuos -1% Anexo 7)

En total se obtuvieron 19,67 Kg de residuos para este rubro con un error típico de 173,36 gr., de éstos, el *papel* fue el que produjo mayor porcentaje con un valor del 43,73% que equivaldría a 8,56 kg en los que se encontró mayoritariamente papel blanco y en menor cantidad, de tipo “post-it” pero nunca reciclado. Uno de los errores que se produjo en el pesado del papel, así como de otros residuos fue el del sobre peso del mismo por estar mojado, ya que en ocasiones las bolsas contenían líquidos que mojaban parcial o totalmente el contenido de las mismas. Al no disponer de secadora no pudo hacerse otra cosa que pesarlos sacándoles el mayor peso posible de líquido.

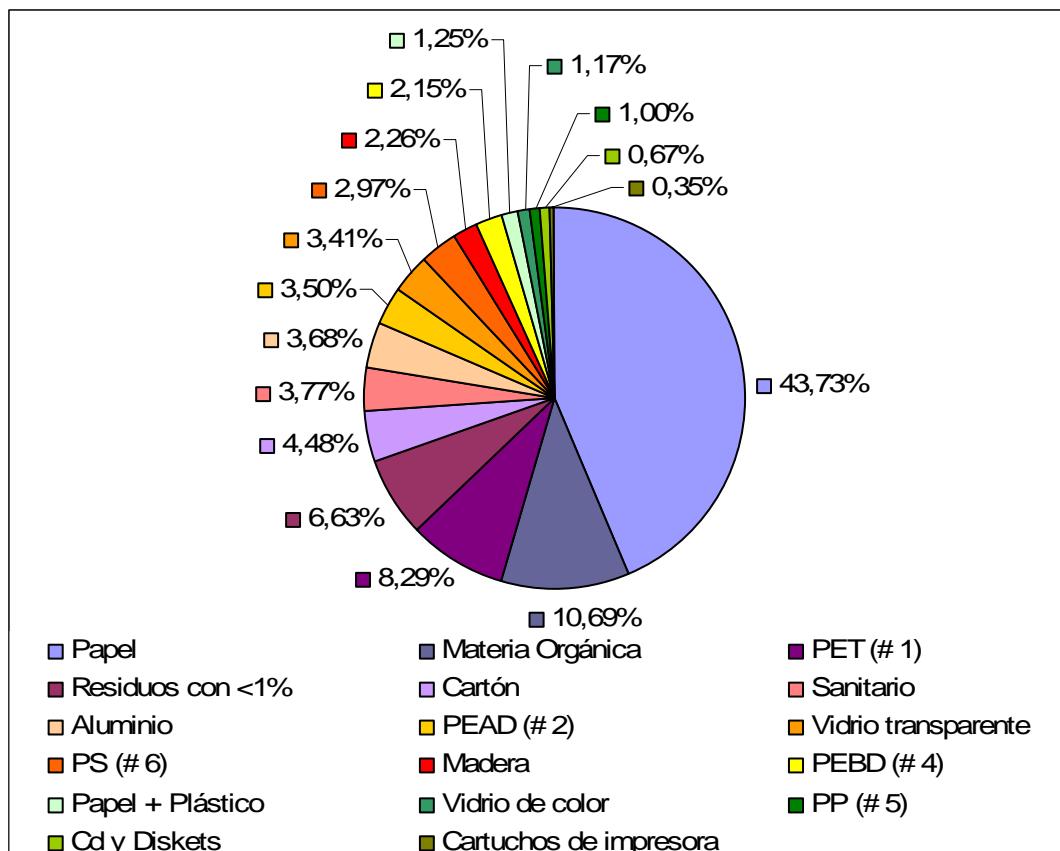
El siguiente residuo fue la *materia orgánica* con un 10,69% que correspondió a 2,09 Kg, en ella se encontró todo tipo de residuos compostables pertenecientes a alguna de las comidas de los docentes de CU. Otro problema de peso perteneciente a este rubro y al de los sanitarios, fue el sobre peso por la presencia de moho, producto de las altas temperaturas acelerando la descomposición de la materia orgánica. Esto se produjo debido a la falta de personal y medios para el pesado de los residuos, lo que produjo la acumulación de las bolsas que no habían podido ser pesadas poco después de recogerlas.

Seguidamente, se calculó un 8,29% de *Polietilen Tereftalato* o *PET*, que equivalió a 1,62 kg mayoritariamente en botellas de bebidas carbónicas, aguas minerales y zumos.

Con un porcentaje del 6,63% se agrupan aquellos *residuos que su porcentaje fue menor a uno*, algunos de ellos fueron bolsas metálicas (0,83%), celofán (0,79%), Tetra Brik (0,75%), Policloruro de Vinilo o PVC (0,45%), material ferroso (0,33%) y plástico del número

7 acrílico utilizado en bases de torres de CD, tapas de engargolados, reglas, fundas de casete, entre otras cosas. (Total residuos -1% ver Anexo 7)

Gráfico 7. Residuos de porcentaje mayor al 1% encontrados en los cubículos académicos



Elaboración propia

Ya en menor porcentaje fueron pesados el *cartón*, con valor de 0,87 kg, el *sanitario* con 0,74 kg, en el que se hallaron servilletas y pañuelos de papel no aptos para el reciclaje, con contenido de materia orgánica en proporciones diferente, el *aluminio* pesando 0,72 Kg compuesto prácticamente en su totalidad por latas de refrescos y zumos, el *Polietileno de alta densidad* o *PEAD*, que se representó mayoritariamente por distintos tipos de bolsas utilizadas para contener comida como licuados²⁰, salsas o churros²¹, así como por cañas de plástico (comúnmente llamados popotes en México), el *vidrio transparente*, pesando 0,67 Kg el cual no se encontró con mucha frecuencia, sólo en dos cubículos académicos, pero su peso por unidad supera de mucho el de otros recipientes de comida como el aluminio, el *PEAD* o el *Poliestireno* o *PS* (unicel o porexpán).

El *Poliestireno* o *PS* tuvo una representatividad del 2,97%, la *madera*, del 2,26% representada normalmente por restos de punta de lápiz, la del *Polietileno de Baja Densidad*

²⁰ Los licuados son batidos hechos a base de leche, fruta y azúcar aunque hay gran variedad en sus ingredientes.

²¹ Los xurros mexicanos se componen de palitos de pan tostado con una salsa Valentina muy picante.

o *PEBD* fue del 2,15% y la de la *mezcla de plástico y papel* fue del 1,25%, utilizada entre otras cosas, para recubrir paquetes de hojas puesto que esta mezcla es más fuerte y resistente.

Los residuos catalogados como peligrosos por la NOM-052-SEMARNAT-2005 encontrados en los cubículos académicos fueron los *CD* y *disquete* con un peso de 130 g, hallados en 5 cubículos y los *cartuchos de impresora* que se encontraron en un cubículo con un peso de 68,6 g. Ambos residuos aún y ser peligroso se ven en muy baja representación en este rubro.

8.1.3 Administrativos

En lo referente a los cubículos administrativos, durante el muestreo se analizó el contenido en residuos de 52 espacios, lo que representó un 36,62% del total de éstos. Igual que en el apartado anterior, los residuos se representan en el Gráfico 8 por código de colores y con los porcentajes de cada uno, así mismo, aquellos con un porcentaje menor al 1% fueron representados juntos para una mejor interpretación de datos (Anexo 7).

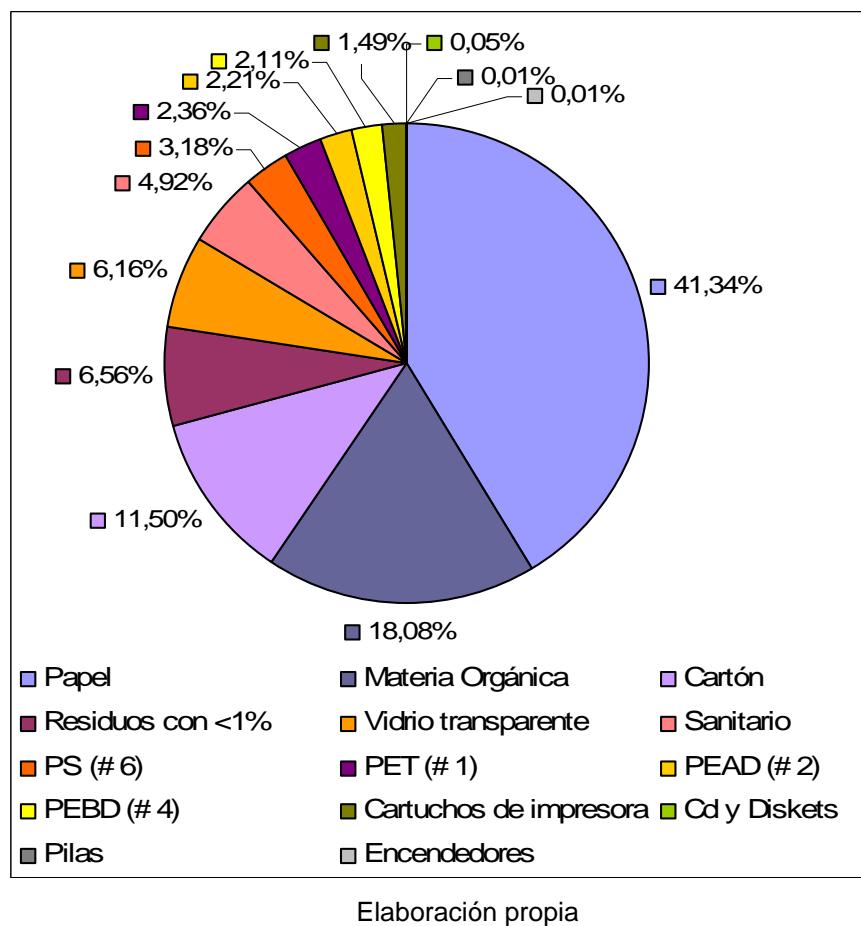
Durante las 4 semanas de muestreo se obtuvieron 100,79 Kg de residuos con un error típico de 760,59 gr., éste fue un peso mucho mayor que el de los académicos, debido posiblemente, al mayor número de personas muestreadas en este rubro, así como, al hecho que los administrativos pasan el total de su jornada laboral en su puesto de trabajo mientras que los académicos, reparten su tiempo entre las clases y sus cubículos, lo que implica que éste rubro debe pasar el desayuno y la comida en CU por lo que el peso de varias tipologías de residuos será mayor.

En éste caso, como en el anterior, el residuo de mayor representatividad fue el *papel*, con un 41,34%, porcentaje similar al del rubro anterior, que en este caso equivalió a 41,08 Kg, Le siguió la *materia orgánica*, con un valor de 17,96 Kg, que en porcentaje se tradujo en el 18,08%, superior al de los académicos, posiblemente debido a lo explicado anteriormente.

El siguiente fue el *cartón* con un 11,50% lo que se traduce en 11,43 Kg del mismo. Este rubro trata mucho más con el cartón ya que a ellos les llegan los embalajes del material que se ocupa en las oficinas, como los paquetes de hojas, lápices, tintas de impresoras u otros paquetes de correo envueltos en cartón.

Para el rubro de los administrativos, algunos de los *residuos* que presentaron *porcentajes menores al 1%* fueron el material ferroso (0,87%), el celofán (0,75 %), el aluminio (0,61%), la madera (0,61%), mezcla de plástico y papel (0,58%), el Polipropileno o PP (0,51%) y la hojalata (0,42%), entre otros (Anexo 7).

Gráfico 8. Residuos de porcentaje mayor al 1% encontrados en los cubículos administrativos



Elaboración propia

Del *vidrio transparente* se obtuvo un 6,16% que se tradujo en 6,12 Kg, a diferencia del apartado anterior, a pesar del elevado peso de las botellas compuestas por vidrio, en este caso, se encontraron en 14 de los 52 cubículos muestreados.

Respecto a los siguientes tipos de residuos *sanitario*, *PS*, *PET*, *PEAD* y *PEBD* cuantificados con los pesos de 4,89 Kg, 3,16 Kg, 2,35 Kg, 2,20 Kg, 2,10 Kg respectivamente. Cabe destacar que sus pesos fueron tan elevados respecto a los de los rubros académicos por los mismos motivos que la materia orgánica, ya que como se ha comentado anteriormente, en el sanitario se hallaron mayormente servilletas de papel mientras que para los plásticos nombrados arriba, la mayoría de residuos registrados fueron vasos y platos de porexpán, botellas y latas de refrescos, envases de yogures, y bolsas de licuados, de salsas y de tipo supermercado entre otros, todos ellos relacionados directamente con la materia orgánica .

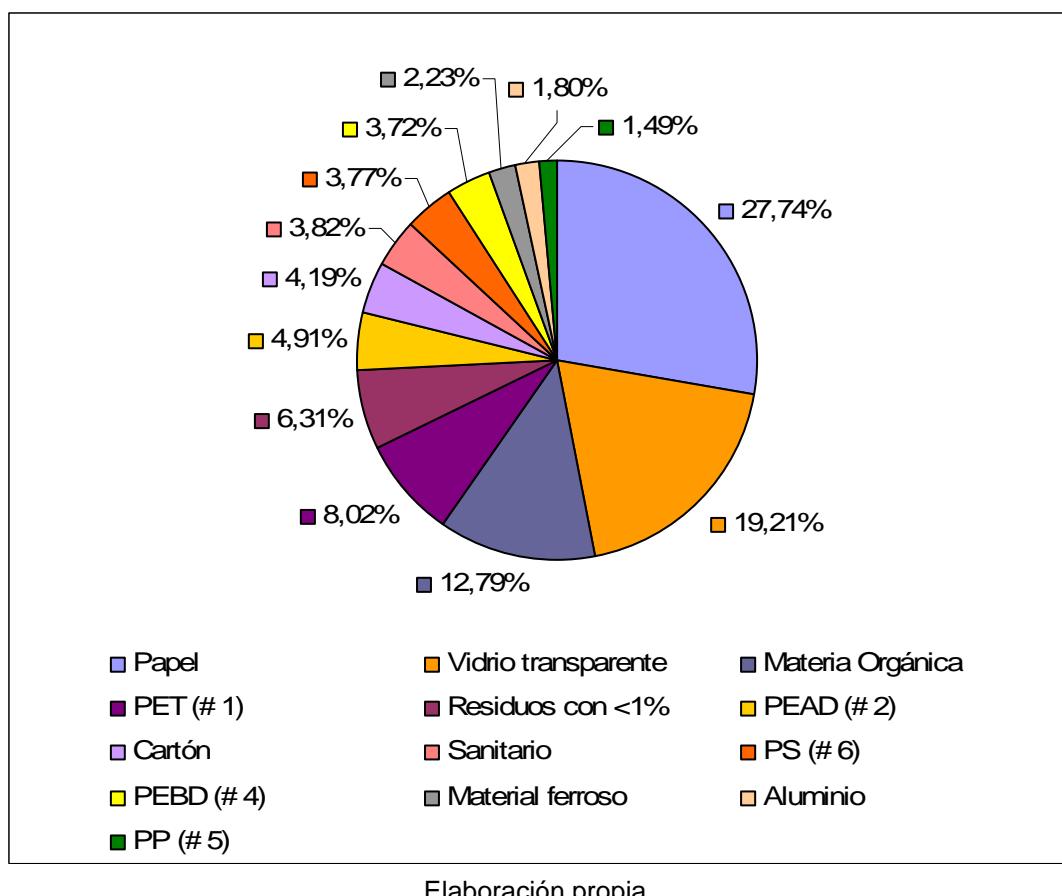
Finalmente, los residuos clasificados como peligrosos por la NOM-052-SEMARNAT-2005, para este rubro fueron los *cartuchos de impresora* con 1,48 Kg de peso, los *CD's* y *disquetes* con 52 g, las *pilas* con un peso de 12,8 g y los *encendedores* con 9,3 g. De todos estos, el más relevante fue el cartucho de impresora por su elevado peso, el cuál se recomienda disposición a algún centro dónde se les de tratamiento.

8.1.4 Bibliotecas

En éste rubro se muestrearon todas las bibliotecas haciendo repeticiones en algunas de ellas, lo que llevó a caracterizar y cuantificar los residuos de 25 bibliotecas. Se esperó obtener los residuos por semana de 7 bibliotecas de las 13 existentes en CU, según la Tabla 10, pero no en todas las semanas se llegó a éste número por diversas causas ajenas a la investigación (se encontraron cerradas o las personas encargadas de los centros no quisieron colaborar con el proyecto)

El Gráfico 9 muestra los residuos clasificados por tipos hallados en este rubro, los encontrados con porcentaje menor a 1% se representaron juntos para una mejor comprensión de los datos. Durante el tiempo de muestreo se cuantificaron 14 Kg de residuos de los que se extrajo un error típico de 126,37 gr.

Gráfico 9. Residuos de porcentaje mayor al 1% encontrados en las bibliotecas.



Como en el caso de los cubículos académicos y administrativos, el residuo de mayor peso fue el *papel*, aunque esta vez con una menor representación en porcentaje siendo este del 27,74% que supuso un peso de 3,90 Kg.

Seguidamente se halló el *vidrio transparente*, con una representación del 19,21% que en peso equivale a 2,7 Kg. Éste residuo se encontró en el 20% de las bibliotecas, por lo que

su lugar en la gráfica podría deberse al, ya comentado anteriormente, elevado peso por unidad, que lo hace destacar entre otros tipos de recipientes para bebidas.

La tercera posición la ocupa la *materia orgánica* con el 12,79% o 1,8 Kg de peso. Comparando el porcentaje con el del resto de rubros, se observa que los tres son similares, entre el 10 y el 18% y se encuentran ubicados en segunda o tercera posición. Asociado a este residuo se encuentran, como en los rubros anteriores, el *PET* (8,02%), el *PEAD* (4,91%), el *PP* (3,72%), el *sanitario* (3,82%) y el *aluminio* (1,80%).

El *cartón* aparece en séptima posición con un porcentaje del 4,19% que en peso representó 0,59 Kg, apareciendo en 12 de los 25 cubículos, lo que implica una presencia casi del 50% en las bibliotecas.

Algunos de los *residuos con porcentaje menor al 1%* clasificados en las bibliotecas fueron el papel encerado (0,88%) utilizado como soporte en las etiquetas de papel o para envolver comida, el Tetra Brik (0,65%), mezclas de plástico y papel (0,62%), composiciones de PVC+PEAD (0,55%) utilizadas por ejemplo, en los bolígrafos o en fundas de teclado, bolsas metálicas (0,50%), hojalata (0,49%) o celofán (0,43%). (Anexo 7)

8.1.5 Cómputos

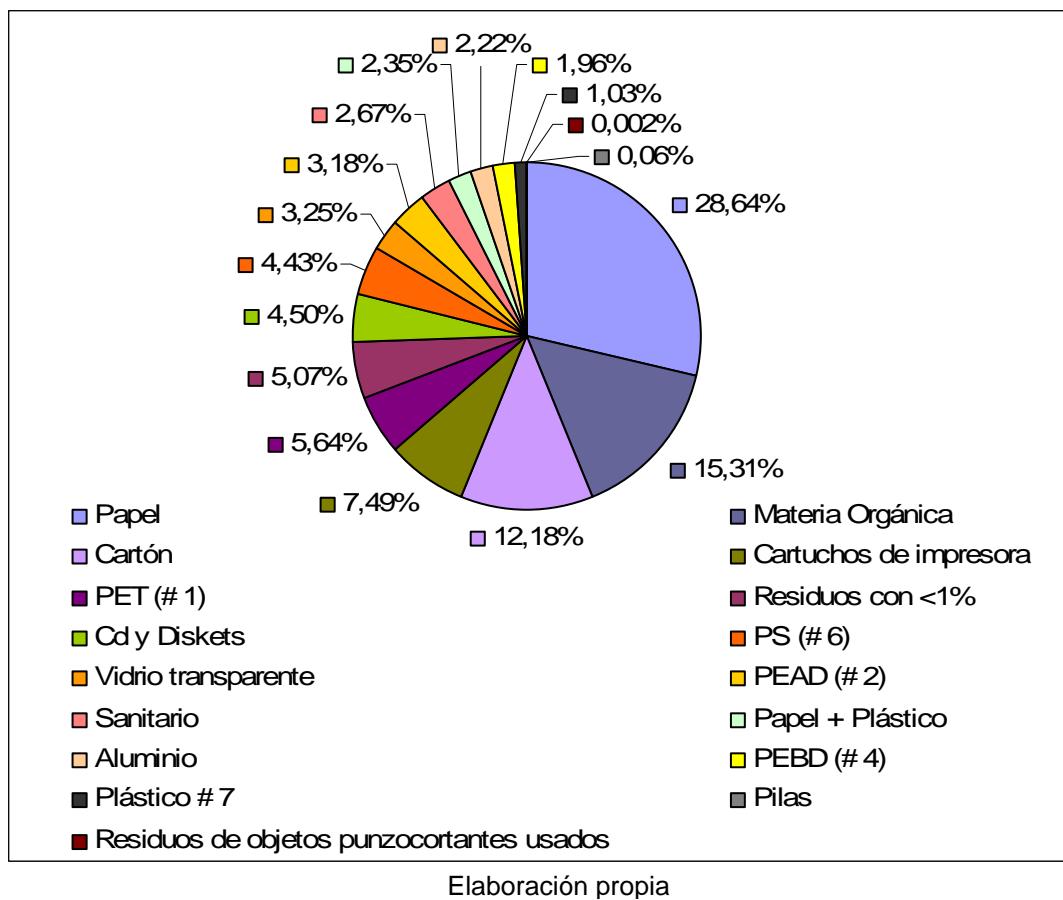
En el tiempo de muestreo se caracterizaron y cuantificaron los residuos de todos los cómputos de CU. Como en el caso de las bibliotecas se hicieron repeticiones de muestreo de algunos de ellos, con lo que finalmente se obtuvo información de 28 espacios de este rubro, lo que arrojó un peso en residuos de 18,30 Kg con un error típico de 134,31. (Ver Gráfico 10)

Debido al similar número de bibliotecas y cómputos muestreados y al igualmente similar número de personas contenidas en ellos, se compararán los pesos de los diferentes residuos entre sí al mismo tiempo que se comparan los porcentajes entre el resto de rubros.

El *papel*, como en el resto de rubros, ocupa el lugar principal en porcentaje y peso con 5,24 Kg, seguido de la *materia orgánica* con un 15,23% o 2,80 Kg, ambos pesos son superiores a los explicados en las bibliotecas.

Con un porcentaje 8 puntos superior al de la biblioteca se halló el *cartón*, con un 12,18% que en peso representó 2,23 Kg, superior también al de la biblioteca, quizás porque en los cómputos se reciben mas cosas que requieren de cartón para ser protegidas como por ejemplo monitores de ordenadores, tintas y tóners, entre otras.

Gráfico 10. Residuos de porcentaje mayor al 1% encontrados en los cómputos.



Elaboración propia

Como hecho poco habitual, la cuarta posición la ocuparon los *cartuchos de impresora* que incluyeron también los tóner por tener características similares. El porcentaje correspondiente fue de 7,49% que en peso equivalió a 1,37 Kg. No es extraño tener estas cifras en los cómputos puesto que es material habitual de trabajo para ellos pues tanto los alumnos como los maestros lo utilizan para la impresión de material. Éste residuo está catalogado de peligroso por la NOM-052-SEMARNAT-2005 por el contenido de la tinta.

El *PET*, *PS*, *vidrio transparente*, *PEAD*, *sanitario* y *aluminio*, se relacionan con la materia orgánica tal y como se ha explicado anteriormente, por ser utilizados como contenedores para comidas y bebidas. En el *PET* y el *vidrio transparente* no hubo mucha similitud de porcentajes, mientras que en el *PS*, *PEAD*, *sanitario* y el *aluminio* los porcentajes comparados con los de las bibliotecas si se asemejaron entre sí.

Respecto a los *residuos de porcentaje menor al 1%*, fueron catalogados en los cómputos: hojalata (0,76%), celofán (0,65%), bolsas metálicas (0,51%), mezclas de cartón y plástico (0,51%) utilizadas por ejemplo en vasos desechables, cinta adhesiva (0,31%) y plástico del número 5 o *PP* (0,24%) entre otros residuos (Anexo 7).

Otros residuos catalogados como peligrosos por la NOM-052-SEMARNAT-2005 y encontrados en los cómputos fueron los *CD's y disquetes* (4,50%), con un porcentaje muy

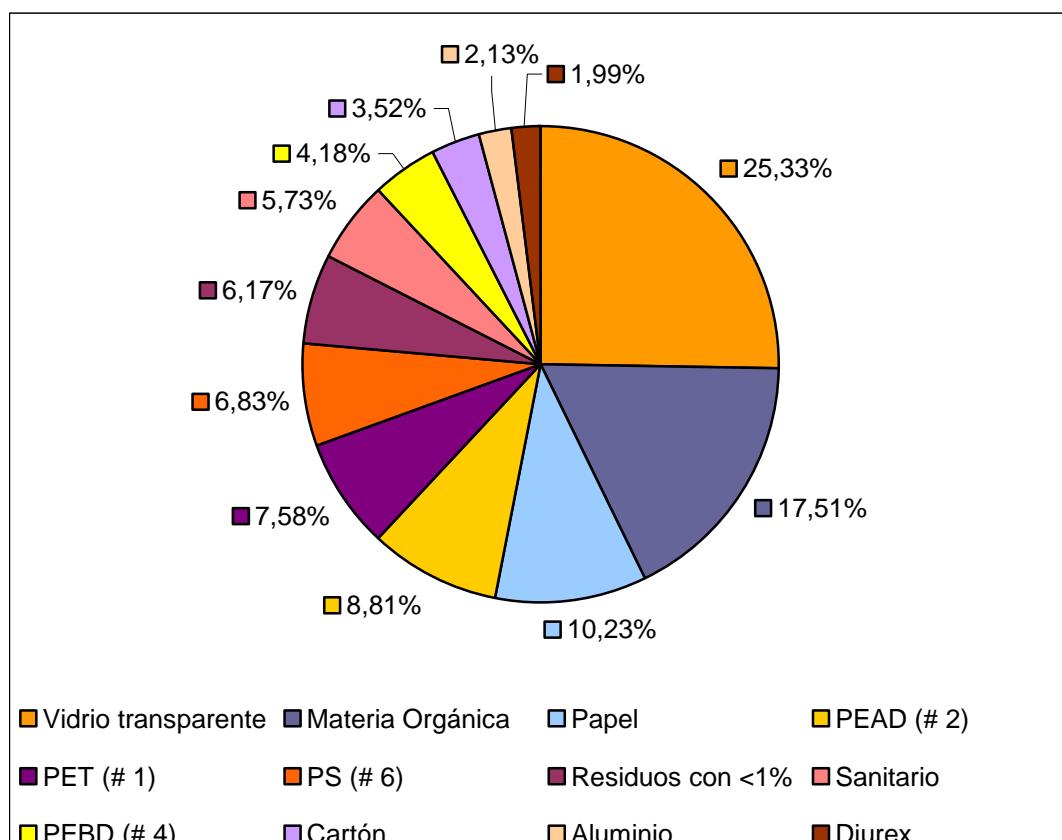
superior al del resto de rubros aunque no fue de extrañar pues también es material elemental de los informáticos, las *pilas* (0,002%) un valor muy bajo, aunque dada su peligrosidad sería necesario que fueran tratadas en algún centro especializado, y finalmente se encontró un trozo de cúter que se catalogó como peligroso ya que fue considerado un *objeto punzo-cortante usado*.

8.1.6 Biblioteca con cómputo

Hay dos bibliotecas con cómputos en CU. Inicialmente se estipuló su muestreo las cuatro semanas, para que igual que en bibliotecas y cómputos se hicieran réplicas pero debido a causas ajenas a la investigación (ya mencionadas anteriormente) sólo se muestrearon dos de las cuatro semanas (Tabla 10).

Los resultados se presentan en el Gráfico 11 dónde se agrupan aquellos residuos que obtuvieron un porcentaje inferior al 1%. El peso total muestreado fue de 3,11 Kg y el error típico fue de 30,35 gr. De éste peso, el 25,33% correspondió a *vidrio transparente*, resultado poco común comparado con el resto de rubros, ésta cifra podría ser explicada puesto que al obtenerse un peso total de residuos tan pequeño, parecería normal que sólo encontrando algunos envases de cristal éstos alcanzaran la primera posición.

Gráfico 11. Residuos de porcentaje mayor al 1% encontrados en las bibliotecas con cómputo



Elaboración propia

La *materia orgánica* obtuvo el 17,51%, ocupando el segundo lugar en representatividad para este rubro. Seguidamente se encontró el *papel*, con el 10,23%, cifra inusual puesto que en el resto de rubros se encontró en el primer o segundo lugar.

Tanto el *PEAD* como el *PS*, el *PEBD* y el aluminio, tuvieron porcentajes superiores al resto de rubros, por el contrario, el *PET* y el *sanitario* conservaron cifras similares.

Respecto a los *residuos de porcentaje inferior al 1%*, se representaron en este rubro con un 6,17%. Algunos de los residuos que se hallan fueron el plástico con papel (0,85%), el *PP* (0,79%), las bolsas metálicas (0,77%), el *PVC* con plástico del número 7 (0,65%) y el celofán (0,52%).

Finalmente, destacar el *Diurex*, que es la forma en la que se nombra a la cinta adhesiva en algunos lugares de México, en este rubro se representó con un 1,99%, mientras que en el resto de rubros apareció en diferentes porcentajes todos ellos inferiores al 1%.

8.2 COMPARACIÓN DE LAS GENERACIONES PER CÁPITA

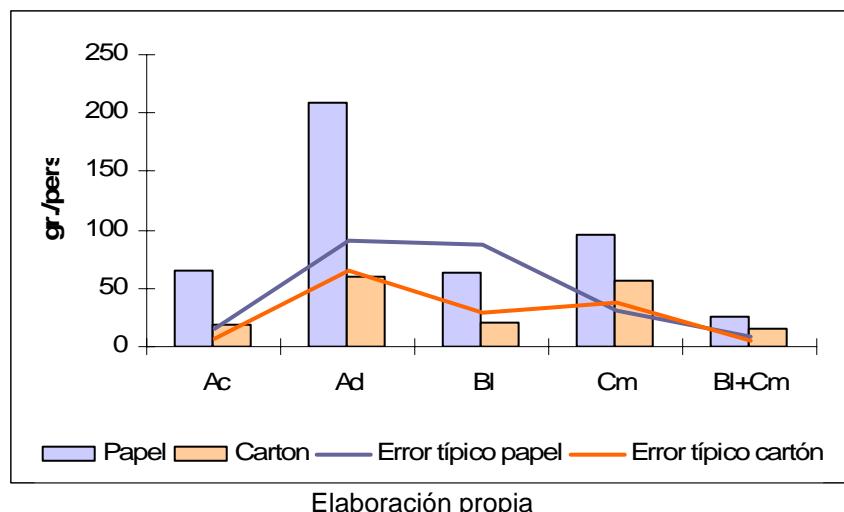
Con la finalidad de comparar la generación de residuos per cápita entre rubros y durante el mes de muestreo se procedió al cálculo de la generación per cápita de los residuos que se consideraron más importantes ya fuera por su mayor peso o por su peligrosidad (Anexo 2 Digital). Dichos residuos fueron: el *papel*, el *cartón*, la *materia orgánica*, el *sanitario*, el *vidrio transparente*, el *aluminio*, el *PET*, *PEAD*, *PVC*, *PEBD*, *PP* y *PS*, junto con el total de residuos peligrosos. Todo esto descrito mediante los gráficos que a continuación se irán presentando.

8.2.1 Residuos no peligrosos

Los residuos no peligrosos que se consideró importantes para el cálculo de la generación per cápita debido a la importancia en peso y a la frecuencia de aparición en los espacios muestreados, fueron: el *papel*, el *cartón*, la *materia orgánica*, el *sanitario*, el *vidrio*, el *aluminio*, el *PET*, el *PEAD*, el *PVC*, el *PEBD*, el *PP* y el *PS*.

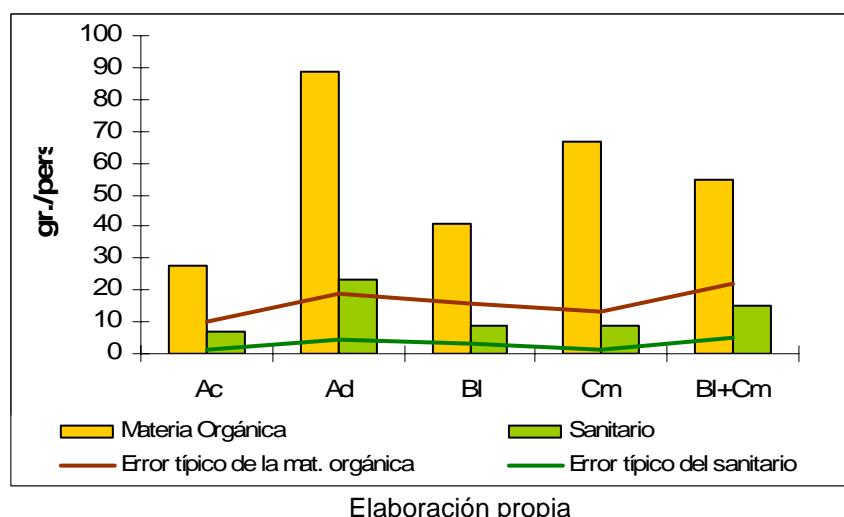
Para el *papel* y *cartón*, se obtuvo una generación per cápita total, durante el mes de muestreo, de 131,28 gr./persona, mientras que para el *cartón* fue de 47,91 gr./persona. Ahora bien, estudiándola por rubro (Gráfico 12), se observa que los administrativos produjeron más *papel* por persona que el resto de rubros, hecho que también sucedió con el *cartón*. El segundo mayor generador per cápita fue el cómputo que rozó los 100 gr./pers. de el *papel* y los 50 gr./pers. de *cartón*. Las líneas del error típico muestran que tan dispersos se encuentran los datos, a mayor valor, mayor dispersión, por eso pueden darse casos en que sea más grande la cifra del error típico que la de la generación per cápita.

Gráfico 12. Generación per cápita del papel y cartón



La materia orgánica y el sanitario se juntaron en un mismo gráfico puesto que en campo se observó que en la mayoría de los casos dónde había materia orgánica, había sanitario impregnado de la misma. La generación per cápita total de la materia orgánica fue de 67,37 gr./pers. mientras que la del sanitario fue de 15,22 gr./pers. El rubro administrativo fue el mayor generador de ambos tipos de subproductos, seguido por el Cm para la mat. orgánica y de la Bl+Cm para el sanitario.

Gráfico 13. Generación per cápita de la materia orgánica y el sanitario.

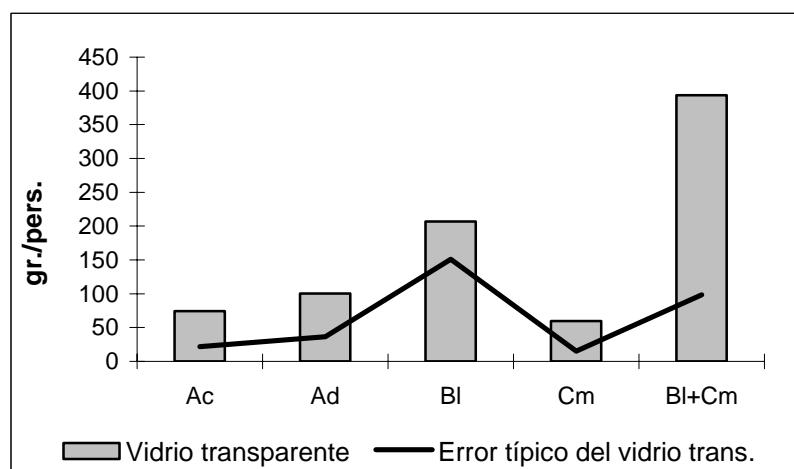


En general los valores del sanitario están muy por debajo de los de la materia orgánica, cosa que es normal debido al peso del sanitario, puesto que esta hecho de papel. Exceptuando el valor del sanitario del cómputo, la forma de los gráficos es similar pero algunas escalas por debajo por lo que se cumple que a mayor generación de materia orgánica, mayor generación de sanitario. Igualmente sucede con las líneas del error típico,

de las que se debe destacar la del sanitario puesto que presenta una muy baja dispersión de datos.

Respecto al vidrio transparente, su generación per cápita total durante el muestreo fue de 114,33 gr./pers. El Gráfico 14 muestra una generación de vidrio muy irregular en los rubros estudiados, variando de valores cercanos a 50 hasta cerca de 400 gr./pers., igualmente, la línea del error típico muestra grandes picos en la biblioteca y en la biblioteca con cómputo, lo que muestra que los valores de las generaciones per cápita en dichos rubros fueron muy dispares.

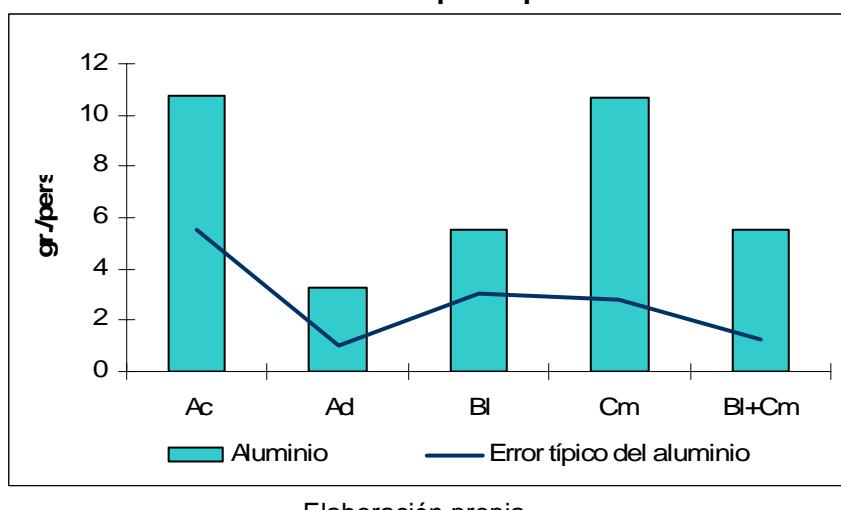
Gráfico 14. Generación per cápita de vidrio transparente



Elaboración propia

El valor de la generación per cápita total del aluminio fue de 5,93 gr./pers, en el Gráfico 15 se observan generaciones similares en académico y cómputo, igual que en bibliotecas y bibliotecas con cómputo. El error típico se mantiene en niveles muy bajos por lo que no hay mucha dispersión entre los datos de todo el muestreo.

Gráfico 15. Generación per cápita del aluminio

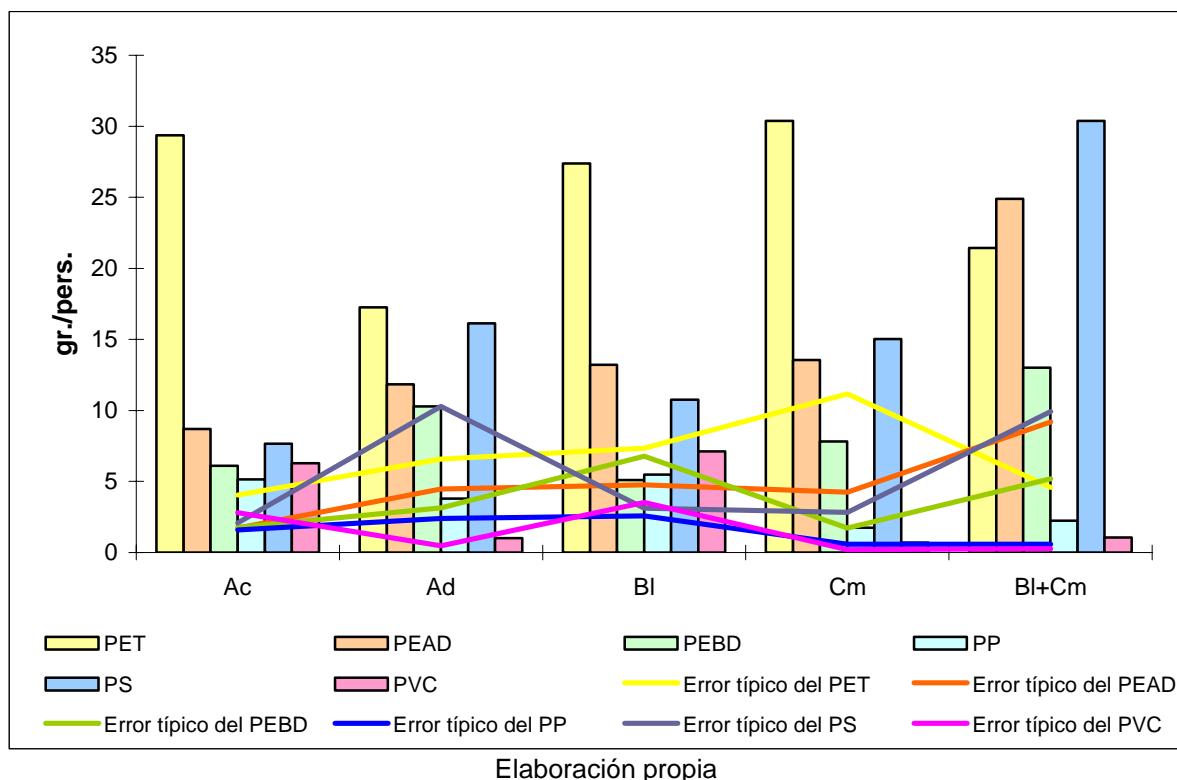


Elaboración propia

Respecto a los plásticos, se agruparon todos en un mismo gráfico para facilitar su comparación, necesaria puesto que la mayoría de ellos se asocian de alguna u otra forma con la comida y puesto que todos pertenecen a un mismo grupo de residuos. Sus generaciones totales fueron: 22,88 gr./pers. para el PET, 11,94 gr./pers. para el PEAD, 2,37 gr./pers. para el PVC, 8,19 gr./pers. para el PEBD, 3,99 gr./pers. para el PP y de 13,86 gr./pers. para el PS. De todos ellos el de mayor generación fue el PET.

En el gráfico anterior se observan tres grupos, respecto a la generación per cápita, el primero, constituido por el PET con valores elevados de generación y de error típico, el segundo, compuesto por el PS y el PEAD con valores intermedios entre de 10 a 30 y valores de error típico bastante constantes, el tercer y último grupo, compuesto por el PEBD, el PP y el PVC, con valores de entre 0 y 15 gr./pers, los errores típicos del PP y el PVC se mantienen más o menos constantes mientras que la del PEBD fluctúa considerablemente.

Gráfico 16. Generación per cápita de los plásticos.



La biblioteca con cómputo generó más PS, PEAD y más PEBD per cápita que el resto de rubros pero se debe tener en cuenta que sus datos presentan una mayor dispersión, mientras que la biblioteca generó más PP y PVC, finalmente, el cómputo generó más PET aunque también allí fue dónde obtuvo la mayor dispersión.

De forma general, el aluminio, el vidrio y el plástico se hallaron en forma de envases contenedores de bebida o alimento. De los tres, se utilizaron con mayor frecuencia los de plástico y el aluminio (en forma de latas), pero el vidrio pesa mucho más que los dos

primeros, por lo que la medida de generación per cápita dio resultados con valores mucho más elevados en peso, lo que podría inducir a pensar que se produjo en mayor frecuencia el vidrio que plástico o aluminio cuando realmente, sucedió todo lo contrario. En el Anexo 2 Digital, puede observarse que se halló aluminio y plástico en muchos más espacios que el vidrio.

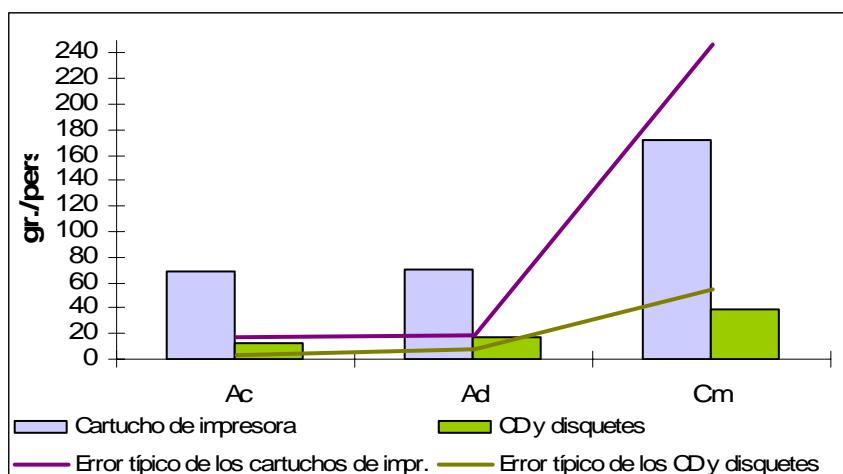
8.2.2 Residuos peligrosos

De los residuos peligrosos hallados en la investigación, de los encendedores, de los objetos punzo-cortantes usados y de las pilas no pudo calcularse la generación per cápita por falta de datos, los dos primeros sólo fueron encontrados en un espacio y el segundo en dos, por lo que no tendría sentido calcular su generación por persona.

Los CD's y disquetes se recogieron en 14 espacios mientras que los cartuchos de impresora en 9, por lo que sí puede hacerse un cálculo de su generación per cápita que, para el primero, fue de 28,74gr./pers. y para el segundo, de 97,48 gr./pers. La generación per cápita tan elevada de los cartuchos de impresora se debe a que se pesaron también tóners en este rubro, produciendo un efecto igual al del vidrio del apartado 8.2.1 ya que tienen un elevado peso.

El Gráfico 17 muestra la generación per cápita de ambos tipos de residuos en los rubros hallados. Ambos gráficos son similares, pero a escalas diferentes de valores, el cómputo es el mayor generador de los dos residuos seguido por los administrativos y académicos. La dispersión de los datos en el cómputo es muy elevado, en el caso de los cartuchos de impresora se debió a los tóner.

Gráfico 17. Generación per cápita de los cartuchos de impresora junto con los CD y disquete.



Elaboración propia

Finalmente, a modo de resumen, se muestra la Tabla 13 en la que se observan los cinco rubros y los residuos a los que se les calculó la generación per cápita, completando la tabla se observan números del 1 al 5, el uno para el rubro que mayor generación per cápita produjo y el 5 para el de menor generación. La utilidad de la tabla reside en que, de ella se puede averiguar sobre qué rubro se debería aplicar una mayor campaña de disminución de un determinado residuo, por ejemplo, en los administrativos debería promoverse las campañas o acciones más fuertes para la disminución del papel, el cartón, la materia orgánica y el sanitario, puesto que tiene los valores de generación per cápita más elevados.

Tabla 13. Generación de residuos por rubro y cantidad.

	Papel	Cartón	Materia orgánica	Sanitario	Vidrio trans.	Aluminio	PET	PEAD	PVC	PEBD	PP	PS	CD y disquete	Cartuchos impresora
Académico	3	4	5	5	4	1	2	5	2	4	2	5	3	3
Administrativo	1	1	1	1	3	5	5	4	4	2	3	2	2	2
Biblioteca	4	3	4	3	2	3	3	3	1	5	1	4		
Cómputo	2	2	2	4	5	2	1	2	5	3	5	3	1	1
Biblioteca con Cómputo	5	5	3	2	1	4	4	1	3	1	4	1		

Elaboración propia

En las bibliotecas con cómputo debería de promoverse acciones en pro de la disminución del vidrio y de los plásticos de: PEAD, PEBD y PS, utilizados principalmente como envases para contener alimento. En los cómputos serían necesarias acciones para el tratamiento de los residuos peligrosos y para la disminución del PET. Mientras que para los académicos se necesitarían acciones en pro de la reducción y del reciclado del aluminio. Finalmente, en las bibliotecas, las generaciones per cápita mayores son las de PVC y PP.

Es importante remarcar que esta tabla da información sobre el posicionamiento de mayor a menor generador de cada residuo, pero para utilizarla en el momento de implementar una gestión de residuos, las decisiones que se tomen deberán tener en cuenta las cifras del Anexo 2 Digital,

así como los datos del apartado 8.1, puesto que también debe contemplarse el peso que se genera de cada uno de los residuos para determinar si es o no, necesario aplicar acciones sobre el residuo en cuestión.

Un ejemplo de lo explicado anteriormente fue el caso del PVC, en total se generaron 177,5 gr. durante el muestreo, el mayor generador fue la biblioteca con un valor de 5,48 gr./pers., éste es un valor muy bajo igual que el del peso total muestreado, por lo que, quizá no sería necesario aplicar una campaña especial de disminución del plástico para este rubro.

9 CONCLUSIONES

9.1 GENERALES

Durante la investigación realizada se pudo observar que en la Ciudad Universitaria de la UMSNH, no se da tratamiento a los residuos que se generan en las áreas administrativas, académicas, bibliotecas, cómputos y bibliotecas con cómputo, depositándolos en los conjuntos de botes situados por CU. En éstos espacios se mezclan los residuos putrescibles, los no putrescibles y los peligrosos de ambos tipos, dando lugar a lixiviados que, debido a las características del suelo, percolan y lo contaminan junto con el agua subterránea de la ciudad. Con cierta periodicidad, dichos residuos se recogen y se llevan al relleno sanitario de la ciudad dónde al mezclarse con el resto de los mismos, siguen contaminando.

A través de los resultados pudieron extraerse las tipologías de residuos más producidos por rubro y en conjunto, las cantidades y porcentajes de cada uno de ellos, así como la generación per cápita de los residuos. Con esta información se pudo averiguar sobre cuales residuos sería prioritario aplicar acciones de reducción, reciclado y/o de tratamiento así como, identificar los residuos peligrosos que se producen en los rubros estudiados.

Los residuos sobre los que es prioritario actuar debido a su mayor generación en peso fueron el papel, la materia orgánica, el cartón, el vidrio transparente, el sanitario, las siguientes tipologías de plásticos: PET, PS, PEAD y PEBD, los cartuchos de impresora y el aluminio. De todos ellos, sólo los cartuchos de impresora y el sanitario no pueden ser reciclados aunque el primero sí puede ser reutilizado. A los cartuchos de impresora se le debe dar el tratamiento adecuado por ser residuos peligroso, lo que sólo puede lograrse entregándolo a empresas especializadas. El segundo, debería ser llevado a una incineradora que reuniera las características necesarias para generar la mínima contaminación posible ya que el sanitario puede transmitir agentes biológico-infecciosos de los usuarios por lo que no sería seguro depositarlos en los rellenos sanitarios puesto que se mezclaría con los lixiviados e iría a parar al agua, suelo y aire.

Extrapolando los pesos de los residuos de mayor generación obtenidos durante el mes de muestreo en los espacios académicos, administrativos, bibliotecas y cómputos, a los pesos que se obtendrían en un año, y asumiendo el error debido a la falta de datos de la generación en otras épocas del año, se obtienen los siguientes resultados expuestos en la Tabla 14.

Las cantidades observadas en dicha tabla arrojan unos resultados abrumadores sobre la cantidad de residuos desechada por año al relleno sanitario de Morelia y más sabiendo que con un tratamiento adecuado, la mayoría de estos residuos no se sumarían a los que ya contaminan, sino que se transformarían en nuevos productos listos para su uso.

Tabla 14. Extrapolación del peso de los residuos más generados durante la investigación al que se obtendría en un año.

	Peso 1 mes (Kg)	Peso 1 año (Kg)
Papel	59,095	4.254,856
Materia Orgánica	25,195	1.814,059
Cartón	15,236	1.097,033
Vidrio transparente	10,861	782,038
Sanitario	6,833	491,986
PET	6,361	458,049
PS	5,293	381,163
PEAD	4,429	318,919
PEBD	3,528	254,047
Cartuchos de impresora	2,924	210,549
Aluminio	2,056	148,093

Elaboración propia

Utilizando los pesos de la tabla anterior y las extrapolaciones de los pesos de los residuos como el vidrio de color, el PP y el PVC, la hojalata y el material ferroso, y sabiendo el precio aproximado al que se compran dichos productos en los centros de acopio cercanos a CU, se puede construir la Tabla 15 dónde se estima aproximadamente los beneficios obtenidos en la separación selectiva de los residuos de papel, cartón, vidrio, plástico, aluminio, hojalata y material ferroso en pesos mexicanos (\$) y euros²² (€).

Como se observa en dicha tabla, los beneficios que se obtendrían del reciclado de todos estos residuos serían de 7.317 pesos a los que, en un futuro, se le tendría que añadir la cantidad derivada de la recogida de los residuos del resto espacios no muestreados como los laboratorios o los de los alumnos. Esta cantidad de dinero podría reinvertirse en los gastos derivados del mismo reciclado, en talleres para el reciclaje en la universidad del papel o en material.

²² El cambio utilizado se extrajo de la página web <http://www.xe.com/ucc/convert.cgi>, en la que 1€ equivale a 15,3870 pesos mexicanos.

Tabla 15. Beneficios que se obtendrían de la total separación selectiva de los residuos reciclables.

	Peso 1 año (Kg)	Precio (\$/Kg)	Total en \$	Total en €
Papel	4.254,86	0,5	2.127,43	138,26
Plásticos	1.495,58	1,5	2.243,37	145,80
Cartón	1.097,03	0,5	548,52	35,65
Vidrio	798,626	0,2	159,73	10,38
Aluminio	148,093	14	2.073,30	134,74
Material ferroso	90,576	1,2	108,69	7,06
Hojalata	47,095	1,2	56,51	3,67
Total	7.931,86		7.317,55	475,57

Elaboración propia

Respecto a los residuos peligrosos, es necesario extraer su generación en un año ya que los datos obtenidos en un mes son casi insignificantes. Debido a los componentes que contienen, su correcta clasificación y tratamiento es indispensable para evitar contaminaciones de mayor gravedad en los rellenos sanitarios, por lo que la UMSNH debería buscar empresas dedicadas a la recolección y tratamiento de dichos residuos. La Tabla 16 muestra dicha extrapolación²³ del peso de este tipo de residuos.

Tabla 16. Extrapolación de los pesos de los residuos peligrosos.

	Peso 1 mes (g)	Peso 1 año (g)
Cartuchos de impresora	2.924,3	210.549,60
CD y Disquetes	1.005,93	72.426,96
Pilas	24,4	1.756,80
Encendedores	9,3	669,60
Residuos de objetos punzocortantes usados	0,4	28,80

Elaboración propia

De todos los residuos de la Tabla 16, los que representan mayor peso son los cartuchos de impresora junto con los CD's y disquetes, que en un año asumirían un peso aproximado de 210 Kg para el primero y de 72 Kg para el segundo. Las pilas representan un mayor potencial peligroso por lo que su recolección y tratamiento debería ser una prioridad para la UMSNH.

Sería necesario que la UMSNH busque empresas que recogieran los residuos valorizables y peligrosos y, mediante acuerdos, se encargara de darles tratamiento, de ésta

²³ Asumiendo el error producido por no tener datos de muestreos en otras épocas del año.

forma tanto la universidad como las empresas obtendrían beneficios, la primera por deshacerse limpiamente de ellos y la segunda por obtener materia prima para su negocio.

9.2 PROPUESTAS DE MEJORA Y FUTURAS ACCIONES

Con el fin de aumentar la precisión de los datos sería necesario realizar proyectos de características similares a éste en diferentes épocas del año para poder observar la variación en los tipos y cantidades de residuos que se van generando en los rubros estudiados.

Al mismo tiempo, sería necesario muestrear, caracterizar y cuantificar, los residuos generados en los laboratorios, en las zonas donde se proporcione comida, como el gastronómico y las cocinas de las facultades, y los generados por el alumnado. Sólo con la agrupación de todos estos datos será posible la realización de un plan de gestión de residuos para la UMSNH.

La elaboración del plan de gestión de los residuos debe de empezar por la concienciación social de la universidad sobre la importancia de reducir la generación de los residuos antes del tratamiento de los mismos. El presente proyecto puede ayudar en este aspecto, identificando los generadores principales de cada tipo de residuo, lo que permitiría iniciar campañas de concienciación para la disminuir la generación de los mismos. Esta información, aunada a la de los pesos totales de residuos por rubro, ayudaría a obtener una mayor eficiencia en las campañas de disminución y reciclaje de los residuos. Todo esto sin olvidar que son necesarios los datos sobre peso y generación per cápita del resto de rubros no muestreados.

La finalidad de dichas campañas de concienciación sería la de conseguir que la gente entienda lo perjudicial que es para el medio ambiente y por tanto, para ellos mismos, que se generen tantos residuos, que se mezclen y se desechen indiscriminadamente en el relleno sanitario, ya que esta secuencia de pasos genera la contaminación del suelo, las aguas, la fauna y flora que los rodea, además de transmitir enfermedades mediante la fauna nociva (perros, mosquitos y ratas, entre otros) que se dan en dichos lugares.

Cuando el personal y estudiantes de CU se den cuenta de este ciclo de generación-contaminación, verá cómo les repercute directamente a ellos mismos y a sus generaciones futuras, empezando a consumir de forma más sustentable, por ejemplo mediante la utilización de productos no desechables, el aprovechamiento del papel por ambas caras o la realización de trabajo o informes en papel reciclado, a dos caras y con márgenes menores, la utilización de bebidas de vidrio en vez de las de plástico o aluminio, la reutilización de productos en usos distintos, entre otras acciones que ayudarían a disminuir el porcentaje de residuos generados.

Para aumentar ésta concienciación la universidad puede realizar acciones favorables para el medio ambiente y el personal de CU. Si se pretende promocionar una disminución en los residuos desechables, se puede aplicar una reducción del coste de aquellas bebidas que no lleven envase propio, como los licuados, el café, el agua o los jugos, a aquellas personas que se traigan sus envases de casa, como por ejemplo tazas o botellas plásticas que reutilicen. De esta forma los vendedores de dichos productos gastarían menos dinero en las bolsas y vasos de porexpán, los consumidores ahorrarían dinero lo que les motivaría a traerse sus recipientes de casa y se generarían menos residuos.

Otra posible acción similar a la anterior pero encarada al reciclado del vidrio, sería la de proponer a los trabajadores del gastronómico que a cada consumidor que le devuelva el recipiente de vidrio se le dé un pequeño incentivo económico. Así se logra que el personal del gastronómico se quede con los beneficios obtenidos por llevar el vidrio al centro de acopio y que los consumidores se motiven a devolver el vidrio evitando que se deje tirado por CU.

Al mismo tiempo que se consigue esta concienciación social, la universidad debería implementar la separación selectiva de los residuos en todas las áreas y para todas las personas que conviven en CU. Esto implicaría la separación en diferentes recipientes del papel y cartón, el plástico, el aluminio y hojalata, el vidrio y el resto, dichos recipientes deberían ponerse en lugares estratégicos de CU para que todo el mundo tuviera acceso a ellos. Además debería asignarse una comisión dentro del personal de mantenimiento que se dedicara a la vigilancia, conservación y transporte de dichos residuos para aumentar la efectividad del programa de gestión.

El papel, el cartón y la materia orgánica podrían reciclarse dentro de CU mediante asignaturas incluidas en algunas de las carreras que existen actualmente en la UMSNH, como Biología, Bellas artes, Agrobiología o Ingeniería en la Tecnología de la Madera, de ésta forma se conseguiría:

- Disminuir en más del 60% los residuos depositados en el relleno sanitario, según los datos del apartado de 8.1. Resultados generales²⁴ ya que éstos son los tres principales residuos generados por los rubros estudiados
- Se obtendría papel reciclado, disminuyendo el gasto de la universidad o del alumnado en este material.
- Se podría obtener composta de los residuos putrescibles que se utilizaría para el abono de las zonas verdes de CU y/o para la venta.

²⁴ Asumiendo el error producido por no tener datos de muestreos en otras épocas del año.

Enseñando estas técnicas de reciclaje al alumnado se consigue una reacción de expansión en árbol pues las aplicaran en sus hogares y las enseñaran a amigos que a su vez harán lo mismo con otros amigos y así sucesivamente, consiguiendo transmitir la importancia ambiental y económica del reciclaje.

Respecto al plástico, el aluminio y el vidrio, al tener un reciclado más difícil, podrían ser llevados a los centros de acopio cercanos a CU, evitando así el gasto del transporte con vehículo y recuperando de nuevo parte de dinero que podría destinarse a otras necesidades de la universidad. Con esto, y según el apartado 8.1, el porcentaje de residuos que se conseguiría disminuir²⁴ sería de más del 20%.

Al sumar los porcentajes de los residuos que la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo podría evitar desechar en el relleno sanitario de Morelia, se obtiene una cifra de aproximadamente el 80% de los residuos. De ahí surge la necesidad y urgencia de concienciación de la población universitaria y del personal de la misma, para la disminución de la generación y la correcta gestión de los residuos.

10 VOCABULARIO

A

Aprovechamiento de los Residuos: conjunto de acciones cuyo objetivo es recuperar el valor económico de los residuos mediante su reutilización, remanufactura, rediseño, reciclado y recuperación de materiales secundados o de energía.

Agente tóxico: toda sustancia o mezcla de sustancias que ejercen una acción química, fisicoquímica o quimicobiológica nociva a los organismos vivos, que por contacto o por ingestión pueden causar hasta su muerte.

B

Biodegradable: cualidad que tiene la materia de tipo orgánico, para ser metabolizada por medios biológicos.

C

Carga contaminante: cantidad de un determinado agente adverso al medio contenido en un residuo.

Composteo: proceso de descomposición bioquímica de los sustratos orgánicos de los residuos sólidos bajo condiciones controladas, para lograr su estabilización.

Contaminante: toda materia o energía en cualquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera: agua, suelo, flora o fauna, o cualquier elemento ambiental, altere o modifique su composición natural y degrade su calidad.

Contenedores: recipientes utilizados para el almacenamiento de los residuos, construidos de material resistente a la corrosión, al manejo rudo y de fácil limpieza.

Control de residuos: la vigilancia, inspección y aplicación de medidas en los procesos de generación, almacenamiento, recolección, transporte, reuso, tratamiento, reciclaje y disposición final, con objeto de evitar daños al ambiente.

Cuantificación: proceso mediante el cual se determina la proporción de cada uno de los componentes contenidos en los residuos sólidos.

D

Degrable: cualidad que presentan determinadas substancias o compuestos, para descomponerse gradualmente por medios físicos, químicos o biológicos.

Disposición final: acción de depositar o confinar permanentemente residuos en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos.

E

Envase: es el componente de un producto que cumple la función de contenerlo y protegerlo para su distribución, comercialización y consumo.

F

Fauna nociva: conjunto de especies animales potencialmente dañinas para la salud y los bienes, cuyo ciclo biológico se encuentra asociado de algún modo a los residuos orgánicos.

G

Generación: acción de producir residuos a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo.

Generador: persona física o moral que produce residuos, a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo.

Gestión Integral de Residuos: conjunto articulado e interrelacionado de acciones normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación, para el manejo de residuos, desde su generación hasta la disposición final, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región.

Gestor: persona física o moral autorizada en los términos de este ordenamiento, para realizar la prestación de los servicios de una o más de las actividades de manejo integral de residuos.

L

Lixiviado: líquido que se forma por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos y que contiene en forma disuelta o en suspensión, sustancias que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan los residuos y que puede dar lugar a la contaminación del suelo y de cuerpos de agua, provocando su deterioro y representar un riesgo potencial a la salud humana y de los demás organismos vivos.

M

Manejo Integral: las actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, co-procesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social.

Material: sustancia, compuesto o mezcla de ellos, que se usa como insumo y es un componente de productos de consumo, de envases, empaques, embalajes y de los residuos que éstos generan.

P

Plan de Manejo: instrumento cuyo objetivo es minimizar la generación y maximizar la valorización de residuos sólidos municipales, residuos de manejo especial y residuos peligrosos específicos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, con fundamento en el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos, diseñado bajo los principios de responsabilidad compartida y manejo integral, que considera el conjunto de acciones, procedimientos y medios viables e involucra a productores, importadores, exportadores, distribuidores, comerciantes, consumidores, usuarios de subproductos y grandes generadores de residuos, según corresponda, así como a los tres niveles de gobierno.

R

Reciclado: transformación de los residuos a través de distintos procesos que permiten restituir su valor económico, evitando así su disposición final, siempre y cuando esta restitución favorezca un ahorro de energía y materias primas sin perjuicio para la salud, los ecosistemas o sus elementos.

Recolección: acción de recoger los residuos sólidos de sus sitios de almacenamiento, para depositarlos en el equipo destinado a conducirlos a las estaciones de transferencia, instalaciones de tratamiento o sitios de disposición final.

Relleno sanitario: obra de ingeniería planeada y ejecutada, previendo los efectos adversos al ambiente, para la disposición final de los residuos sólidos municipales.

Residuo sólido municipal: aquellos que se generan en casas habitación, parques, jardines, vía pública, oficinas, sitios de reunión, mercados, comercios, bienes muebles, demoliciones, construcciones, instituciones, establecimientos de servicios y en general todos aquellos generados en actividades municipales que no requieran técnicas especiales para su control, excepto los peligrosos y potencialmente peligrosos de hospitales, clínicas laboratorios y centros de investigación.

Residuo sólido putrescible: el compuesto por materia orgánica, que en condiciones ambientales se biodegrada en un lapso generalmente no mayor a 120 horas.

Residuo: material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final.

Residuos de manejo especial: son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos.

Residuos Peligrosos: son aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio.

Responsabilidad compartida: principio mediante el cual se reconoce que los residuos sólidos urbanos y de manejo especial son generados a partir de la realización de actividades que satisfacen necesidades de la sociedad, mediante cadenas de valor tipo producción, proceso, envasado, distribución, consumo de productos, y que, en consecuencia, su manejo integral es una corresponsabilidad social y requiere la participación conjunta, coordinada y diferenciada de productores, distribuidores, consumidores, usuarios de subproductos, y de los tres órdenes de gobierno según corresponda, bajo un esquema de factibilidad de mercado y eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social.

Reutilización: el empleo de un material o residuo previamente usado, sin que medie un proceso de transformación.

S

Separación Primaria: acción de separar los residuos sólidos urbanos y de manejo especial en orgánicos e inorgánicos.

Separación Secundaria: acción de separar entre sí los residuos sólidos urbanos y de manejo especial que sean inorgánicos y susceptibles de ser valorizados.

Subproductos: los diversos componentes físicos de los residuos sólidos municipales, susceptibles de ser recuperados.

T

Tratamiento: procedimientos físicos, químicos, biológicos o térmicos, mediante los cuales se cambian las características de los residuos y se reduce su volumen o peligrosidad.

V

Valorización: Principio y conjunto de acciones asociadas cuyo objetivo es recuperar el valor remanente o el poder calorífico de los materiales que componen los residuos, mediante su reincorporación en procesos productivos, bajo criterios de responsabilidad compartida, manejo integral y eficiencia ambiental, tecnológica y económica.

11 ACRÓNIMOS

CADI: Centro de Automatización Departamento de Idiomas.

CD: Compact Disk.

CD-R: Compact Disk Recordable.

CD-RW: Compact Disk ReWritable.

CEDUM: Coordinación de Educación a Distancia.

CIMO: Ciudad Industrial de Morelia.

COMPLEXUS: Consorcio Mexicano de Programas Ambientales Universitarios para el Desarrollo Sustentable.

CONACYT: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

CU: Ciudad Universitaria.

CUPIA: Consejo de Universidades Públicas e Instituciones Afines.

DES: División de Estudios Superiores.

DIF: Desarrollo Integral de la Familia.

DVD: Digital Versatile Disc.

IIQB: Instituto de Investigación Químico-Biológica.

IMSS: Instituto Mexicano del Seguro Social.

INIRENA: Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales.

ISSSTE: Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado.

LEA: Laboratorio de Educación Ambiental.

m.s.n.m.: Metros sobre el nivel del mar.

PAH: Hidrocarburos aromáticos policíclicos.

PE: Programas Educativos.

PEAD: Polietileno de Alta Densidad.

PEBD: Polietileno de Baja Densidad.

PET: Polietileno Tereftalato.

PIM: Postgrado en Ingeniería de la Madera.

PP: Polipropileno.

PRONABES: Programa Nacional de Becas.

PS: Poliestireno.

PVC: Polícloruro de Vinilo.

SEDUE: Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.

SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

SSM: Secretaría de Salud de Michoacán.

UA: Unidades Académicas.

UMSNH: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

12 CRONOGRAMA

Año 2006, Estancia en Morelia

Actividades	Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		De Octubre'06 a Abril'07	
	1 ^a	2 ^a	1 ^a	2 ^a												
Investigación bibliográfica																
Elección del tema del proyecto																
Asistencia al Curso-Taller Internacional "Fitoremediación, Residuos Sólidos y Agua Potable". Fac. Ingeniería Civil, UMSNH.																
Elaboración del protocolo																
Realización de la metodología																
Curso preparación de voluntarios																
Prueba piloto de Levantamiento de edificios																
Levantamiento de edificios																
Compra del material para el muestreo																
Muestreo de la semana piloto																
Muestreo de residuos																
Clasificación y pesado de residuos																
Informatización de Datos																

Suspensión casi en su totalidad de la realización del proyecto por causas ajenas al mismo.

Año 2007, Estancia en Barcelona.

Actividades	Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre	
	1 ^a	2 ^a	1 ^a	2 ^a	1 ^a	2 ^a										
Investigación bibliográfica																
Análisis de datos																
Extracción de resultados																
Redacción de los anexos																
Redacción del artículo																
Revisión final del proyecto																
Entrega del proyecto																
Presentación del proyecto																

13 PRESUPUESTO

Descripción	Unidades	Precio/Unidad	Importe Total (€)
RECURSOS MATERIALES			
Libro: <i>La basura es la solución</i> , de Deffis, A., (1994).	1	14,18	14,18 €
Carpetas de cartulina	10	0,13	1,30 €
Bolígrafos B/C	6	0,36	2,16 €
Rotulador alcohol <i>Signal</i>	6	0,72	4,32 €
Paquete bolsas plástico Amarillas, 25 u.	4	2,64	10,56 €
Paquete bolsas plástico Azules, 25 u	4	2,31	9,24 €
Bolsas plástico Negras 10 u.	1	2,6	2,60 €
Paquete etiquetas <i>Apli</i> de 18	6	0,59	3,54 €
Celo	2	0,47	0,94 €
Guantes caja 100 u.	1	1,3	1,30 €
CD's	7	0,65	4,55 €
Fotocopias	200	0,02	4,00 €
Impresión y encuadernación del proyecto	4	27,98	111,94 €
Paquetes de hojas FENIX, 500 u.	2	2,34	4,68 €
Llamadas	76	0,26	19,76 €
Total			195,07 €

Descripción	Unidades	Precio/Unidad	Importe Total
			Euros
MANO DE OBRA			
Dietas en México	217	1,63	353,71 €
Transporte de avión con autocar	1	1139,13	1.139,13 €
Alojamiento (meses en México)	7	810	5.670,00 €
Sueldo por horas	3183	6,87	21.867,21 €
Total			29.148,41 €

Subtotal	29.231,54 €
16 % IVA	4.677,05 €
IMPORTE TOTAL	34.298,14 €*

* Los importes de la sección de recursos materiales están en precios mexicanos convertidos a euros, así como las dietas y el alojamiento de la sección de mano de obra, ya que dichos recursos se utilizaron en el periodo de realización Marzo-Septiembre 2006, correspondiente a la estancia en México.
 El cambio de moneda se realizó en base a lo propuesto en la página <http://www.xe.com/ucc/convert.cgi> de 1€ = 15,3870 pesos mexicanos.

14 BIBLIOGRAFÍA

Libros y artículos

- ALLSOPP, M., COSTNER, P., JOHNSTON, P. *"Informe Sobre Incineración y Salud Humana"* Laboratorios de Investigación de Greenpeace, Universidad de Exeter, Reino Unido. 14 pp.
- ALMAZOR, L., CARRIÓN, M., PUIG, I., (2004). *"La comunicació ambiental en sistemes de recollida porta a porta i pagament per generació de residus"*. Cooperació Catalana, 268, pp. 19-22.
- ASOCIACIÓN NACIONAL DE UNIVERSIDADES E INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR/SEMARNAT, (2004). *"Plan de acción para el desarrollo sustentable en las instituciones de educación superior en México"*. México. Curso de Formación Ambiental para la elaboración de los Planes ambientales Institucionales. 35p.
- BLANCO, E., y HERNÁNDEZ, M., (2004). *"Estudio de salud parasitaria y condiciones ambientales en el Faro de Bucerías, Aquila, Michoacán, México"*. Proyecto de Licenciatura de la Universidad Autónoma de Barcelona. España y de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 94 pp.
- BRAVO, T., (2003). *"Las instituciones de educación superior se organizan para participar en el cambio ambiental: El Complexus"*. Agua y Desarrollo Sustentable nº 8, Gobierno de México, México. 22-24.
- BUENROSTRO D., O., (2001). *"Los residuos sólidos municipales. Perspectivas desde la investigación multidisciplinaria"* Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich. México. 199 p.
- BUENROSTRO, O., (2001). *"La producción de residuos y degradación ambiental. La necesidad de incluir el discurso ambiental en el desarrollo y quehacer universitario"*. Ciencia Nicolaita nº 28, Morelia, Michoacán, México. 151-156.
- BUENROSTRO, O., ISRADE, I., (2003). *"La Gestión de los Residuos sólidos municipales en la cuenca del Lago de Cuitzeo, México"*. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, nº 4. Universidad Nacional Autónoma de México, DF. México. 161-169.
- CARRILLO, J. C., (2005) *"El reciclaje de los residuos sólidos plásticos como alternativa para mejorar la calidad ambiental en el municipio de Morelia, Michoacán, México"* Morelia, Michoacán, México. 19 p.

- CHARBTEL, B., HOURS, M., PERDRIX, A., ANZIVINO-VIRICEL, L., BERGERET, A., (2005) *“Respiratory function among waste incinerator workers”*. Int Arch Occup Environ Health.
- DEFFIS, A., (1994), *“La basura es la solución”*. Árbol Editorial, Colombia, 277 p.
- GARCÍA, E., (1988). *“Modificaciones al sistema de clasificación climatológica de Köppen (para adaptarlos a las condiciones de la República Mexicana)”*. México DF, Talleres Offset Larios. 200 pp.
- GARCÍA, Y., (2005). *“Análisis de Generación de los Residuos Sólidos Residenciales en Morelia Michoacán”*. Tesis de licenciatura de la UMSNH. México. 110pp.
- GOBIERNO DEL ESTADO DE MICHOACÁN, (1987). *“Los municipios de Michoacán”*. Colección: Enciclopedia de los municipios de México. México. 531 pp.
- GUDIÑO, C., (1992). *“Caracterización fisicoquímica de los suelos de la microcuenca Chiquimitio municipio de Morelia, Michoacán, México”*. Tesis de Licenciatura de la UMSNH. Morelia, Michoacán, México. 71 pp.
- GUEVARA, F., (1995). *“Vegetación del Valle de Morelia, Michoacán”*. Biológicas, número 3, Morelia, Michoacán, México, 20 – 56.
- GUTIERREZ, V., et al. (2006). *“Diagnóstico básico para la gestión integral de residuos”*. INE-SEMARNAT, México. 113 p.
- HERNÁNDEZ, F., et al. (2007). *“Plan Ambiental Institucional de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo”*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. 108 p.
- HERNÁNDEZ, J., (2005). *“Anuario Estadístico. Segundo Informe de Labores. Gestión 2004-2005”*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. 113 pp.
- HERNÁNDEZ, J., (2005). *“Segundo Informe de Labores. Gestión 2004-2005.”* Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. 122 pp.
- HOURS, M., ANZIVINO-VIRICEL, L., MAITRE, A., PERDRIX, A., PERRODIN, Y., CHARBTEL, B., y BERGERET, A., (2003). *“Morbidity among municipal waste incinerator workers: a cross-sectional study”*. Int Arch Occup Environ Health.
- HU, SW., HAZUCHA, M., y SHY, CM., (2001). *“Waste incineration and pulmonary function: an epidemiologic study of six communities”*. J Air Waste Manag Assoc.

- INE/SEMARNAP (Instituto Nacional de Ecología/ Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca) (1999). *"Minimización y manejo ambiental de los residuos sólidos"*. México. 210 p.
- LOPES, J., RIERADEVALL, J., (2004). *"Reciclaje de residuos sólidos urbanos en Fortaleza (Brasil)"*. Residuos: Revista técnica número 79, p. 160-169.
- MADEREY, L., (1982). *"Geografía de la Atmósfera"*. UNAM, México.
- MEDEL, J., (2006). *"Propuesta para un plan de manejo de los residuos sólidos municipales de Santa Ana Apecuaro, Guanajuato"*. Tesis de Licenciatura de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich, México.
- Mapa Topográfico INEGI, E14A23, 1:50.000, México, 1996.
- Mapa Topográfico de Ciudad Universitaria ubicada en Morelia, Michoacán. UMSNH, 1:1000. Agosto 2000.
- MEDINA, M., SEGURA, V., MONCAYO, R., ESCALERA, C, (Peces), HUALUZ, M., (Anfibios), VILLASEÑOR, L., (Aves) y MUÑOZ, A., (Mamíferos). (2005) *"La biodiversidad del estado de Michoacán"* Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Michoacán, Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México. 266 pp.
- Microsoft® Student 2007 [DVD] *"Vidrio (industria)"*. Microsoft Corporation, 2006.
- Microsoft® Student 2007 [DVD]. *"Tinta"* Microsoft Corporation, 2006.
- NÚÑEZ, A., (2005). *"Los mamíferos silvestres de Michoacán. Diversidad, biología e importancia"*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. 448 pp.
- PINETTE, F., 2006. *"Caracterización de los residuos sólidos peligrosos domésticos en la ciudad de Morelia, Michoacán, México"*. Proyecto de licenciatura de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Mich., México. 94 p.
- SÁNCHEZ, J.M., (2004), *"Biocorrosión"*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Mich., México. 16 p.
- SÁNCHEZ, J., (2006) *"Degradación de aromáticos por hongos de la podredumbre blanca. Minirevisión"*, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. 7 p.
- SÁNCHEZ, J. M., (2006), *"El hábito de separación de residuos sólidos"*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Mich., México. 19 p.

- SECOFI (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial) (1978). *"Terminología de plásticos, NMX-E-060-1978"* México. 74 p.
- SECOFI (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial) (1985). *"Normas Oficiales Mexicanas aprobadas por el comité de protección al Ambiente. Contaminación del suelo"*. México. 104p.
- SECOFI (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial) (1999). *"Reciclado de plásticos - Simbología para la identificación del material constitutivo de artículos de plástico - Nomenclatura, NMX-E-232-SCFI-1999"*, México. 74 p.
- SECRETARÍA DE EDUCACIÓN DE MICHOACÁN, (2003). *"Atlas Geográfico del Estado de Michoacán"*. México, Ed: EDDIASA S.A., 307 pp.
- SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social) (2005). *"Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005"*. México. 32pp.
- SEMARNAP (Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca), (1996). *"La Gestión Ambiental en México"*. México. 565 p.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2007). *"Ley general para la prevención y gestión integral de los residuos"*. México. 40 p.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), (2001). *"Guía para la gestión integral de los residuos sólidos municipales"*. México. 201 p.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), (2001). *"Guía Práctica de Sistemas de Manejo Ambiental"*. México. 177 p.
- SOJO, A., RIERADEVALL, J., (2003). *"Análisis comparativo de la gestión de los residuos sólidos urbanos en los municipios de Puebla (México) y Barcelona (España) bajo criterios ambientales y financieros"*. Residuos: Revista técnica número 71, p. 48-57.
- TAMARIZ, C., (1998), *"No toda la basura es basura ¡Aprovechala!"* Árbol Editorial, México. 135 p.
- UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO, 2007. *"Plan Ambiental Institucional de la UMSNH"*, Morelia, Michoacán, México, 108 p.

Documentos Digitales

- *"El model de recollida Porta a Porta"*. (www.ent-consulting.com. Visitada el día 2/6/07)
- *"Formatos y tipos: CD y DVD, Grabación"*. 11 p. (http://www.lsi.uvigo.es/lsi/jdacosta/documentos/apuntes%20web/Formatos%20Cd_Dvd.pdf, visitada el día 27/8/07)

- “Tecnología de los discos ópticos, de qué están hechos los CD y DVD, cómo guardan la información y cuánto duran.” (<http://www.consumer.es/web/es/tecnologia/hardware/2006/01/26/148862.php?page=3>, visitada el día 27/8/07)
- CORTINA, C. "Formato único de planes de manejo de residuos sólidos urbanos, residuos químicos peligrosos y residuos biológico-infecciosos de instituciones educativas". México. 28 p. (www.cristinacortinas.com, visitada a partir del 23/8/07)
- CORTINA, C. "Planes de manejo de residuos de instituciones educativas". México. 24 p. (www.cristinacortinas.com, visitada a partir del 23/8/07)
- ENCICLOPEDIA MICROSOFT® ENCARTA® ONLINE 2007. "Combustible gaseoso" <http://es.encarta.msn.com> © 1997-2007 Microsoft Corporation.
- ESPINOSA, P., CÁRDENAS, C., PEINADO A. y PUGA J. (1997). "Gestión Ambiental en la Universidad de Granada", Granada, España. 96pp. (<http://www.ugr.es/%7Egabpca/Welcome2.htm>. Visitada el día 25/5/06).
- GARAY, R., (2006). "Interioridades del subsistema de disquetes" Lima, Perú 10 p <http://www.monografias.com/trabajos37/subsistemas-disquetes/subsistema-disquetes.shtml> (Visitada el día 27/8/07)
- GRUP DE RESIDUS D'ECOLOGISTES EN ACCIÓ DE CATALUNYA, (2004) "El puerta a puerta: La recogida selectiva más sostenible". Barcelona, España. (<http://www.ecologistasenaccion.org/spip.php?article1188&artsuite=0>. Visitada el día 10/5/07).
- INSTITUT DE MEDI AMBIENT. (1998). "Mèmoria. Pla estratègic d'ambientalització de la UdG". Universitat de Girona. 40 p. (<http://insma.udg.es/ambientalitzacio/curricular/marc/marc.htm>. Visitada el dia 27/5/06)
- MORENO, R., (2005). "La huella ecológica". Boletín CF+S 32/33. Instituto Juan de Herrera. Marzo 2006, Madrid. (<http://habitat.aq.upm.es/boletin/n32/armor.html>. Visitada el día 25/10/06)
- OFICINA DE PARTICIPACIÓN, ECOCAMPUS ALCALÁ. "Análisis e iniciativas al servicio del Programa de Calidad Ambiental", Programa de Calidad ambiental de la Universidad de Alcalá, España. 7 p. (http://www.uah.es/servi/ecocampus/oficina_ecocampus.pdf. Visitada el día 25/5/06).
- OFICINA DE SEGURETAT, SALUT I MEDI AMBIENT "Pla de gestió de residus de la Facultat de Medicina de la Universitat de Barcelona". Facultad de Medicina, Campus Casanova, Universitat de Barcelona. 11 p.

- (<http://www.ub.es/ossma/mediambient/documents/pla-medicina.pdf>. Visitada el día 27/5/06)
- OFICINA DE SEGURETAT, SALUT I MEDI AMBIENT, (2003-2004). "Pla Ambiental. *Divisió de Ciències de la Salud*". Universitat de Barcelona. 12 p. (http://www.ub.es/ossma/mediambient/medi_selectiva.htm. Visitada el día 27/5/06)
 - OFICINA DE SEGURETAT, SALUT I MEDI AMBIENT, (2003-2004). "Pla de gestió de residus. *Facultat de Ciències Econòmiques i Empresariais*". Universitat de Barcelona. 38 p. (http://www.ub.es/ossma/mediambient/medi_selectiva.htm. Visitada el día 27/5/06).
 - ROA M., GUAL M. A, CORTÉS, M. A., RODRÍGUEZ F., (2006). "Borrador Memoria de Residuos Universidad Pablo de Olavide". Aula de desarrollo sostenible. Sevilla, España. 34 p. (http://www.upo.es/general/vivir_upo/social_participacion/desarrollo_sostenible/doc/Borrador_memoria_residuos_upo-1-06.pdf. Visitada el día 25/5/06).
 - STOFER, H., ORELLANA, A., RONILLA, R., (2005). "La pila o batería (Pila casera)", Panamá, 15 p. (<http://www.monografias.com/trabajos26/la-pila/la-pila.shtml>, visitada el día 28/8/07)
 - VILAPLANA, J., ROMAGUERA, C., (2006) "Dermatitis de contacto por parafenilenodiamina: una sensibilización con múltiples problemas", Medicina Cutánea, volumen 34: número 4, 5 p. (<http://www.medigraphic.com/espanol/e-htms/e-cutanea/e-mc2006/e-mc06-4/em-mc064.htm>, visitada el día 29/8/07)

Páginas Web

- <http://es.wikipedia.org> (Visitada a partir del 3/4/06)
- <http://www.aniq.org.mx/cipres/clasificacion.asp> (Visitada a partir del 20/8/07)
- <http://www.aspapel.es> (Visitada el día 24/8/07)
- http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts22.html (Visitada el día 16/9/07)
- <http://www.cederika.com/castellano.html> (Visitada a partir del día 6/3/07)
- <http://www.ciu.reduaz.mx/semarnat/principal.html>. (Visitada a partir del 16/2/07)
- <http://www.cristinacortinas.com> (Visitada a partir del 23/8/07)
- <http://www.diccionarios.org> (Visitada el día 11/9/07)
- <http://www.epa.gov/epaoswer/general/espanol/sp-lifecd.pdf> (Visitada el día 27/8/07)
- <http://www.cristinacortinas.com> (Visitada a partir del 23/8/07)

- <http://www.ereciclaje.com> (Visitada a partir del 2/8/07)
- <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/133/anexo%202.html>. (Visitada a partir del 25/10/06)
- <http://www.inegi.gob.mx> (Visitada a partir del 25/10/06)
- <http://www.internetcampus.com/span/tvp038.htm> (Visitada a partir del 20/8/06)
- http://www.mantra.com.ar/contenido/frame_pilacomp.html (Visitada el día 28/8/07)
- <http://www.morelia.gob.mx/web2005-2007/web/html/Ecologia/ElMosaicoMunicipio/ElMosaicodelMunicipio de MoreliaG.htm+tipo+de+vegetaci%C3%B3n+en+morelia&hl=es&gl=mx&ct=clnk&cd=3>. (Visitada el dia 27/7/06)
- <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?db=nlmcatalog>. (Visitada a partir del 19/2/07)
- <http://www.papelnet.cl> (Visitada el día 24/8/07)
- <http://www.plastivida.com> (Visitada a partir del 12/8/07)
- http://www.sarriopapel.es/Sarrio/SobrePapel/TiposPapel/sep_tipospapel.htm (Visitada el día 24/8/07)
- <http://www.sedagro.michoacan.gob.mx.seidruspublicacionesRasgos092%20Morelia.pdf> (Visitada a partir del 27/7/06)
- <http://www.sma.df.gob.mx/rsolidos/> (Visitada el día 25/8/07)
- <http://www.tetrapak.com> (Visitada a partir del día 24/8/07)
- <http://www.uma.es/ficha.php?id=17950%20> (Visitada el día 26/8/07)
- <http://www.umich.mx>. (Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Visitada a partir del 15/5/06)
- <http://www.unam.mx/puma/presenta.htm>. (Universidad Nacional Autónoma de México. Visitada el día 27/5/06)
- <http://www.xe.com/ucc/convert.cgi>

Web's de Universidades con Planes Ambientales

- <http://antalya.uab.es/sepma/oshacat/residus/ResGesC.html#BM1>
(Universitat Autónoma de Barcelona. Visitada el día 2/8/07)
- <http://insma.udg.es/ambientalitzacio/curricular/marc/marc.htm>.
(Universitat de Girona. Visitada el dia 27/5/06)

- <http://www.blues.uab.es/%7Eosha22/oshacat/oshacres.html>.
(Universitat Autònoma de Barcelona. Visitada el día 27/5/06).
- <http://www.sigma.upv.es/Nueva%20web/residuos/index.htm>.
(Universidad Politécnica de Valencia. Visitada el día 27/5/06).
- <http://www.uam.es/servicios/ecocampus/especifica/gestion.html>.
(Universidad Autónoma de Madrid. Visitada el día 27/5/06)
- http://www.ub.es/ossma/mediambient/medi_selectiva.htm.
(Universitat de Barcelona. Visitada el día 27/5/06)
- <http://www.upc.es/mediambient/coordinacio/documents/plamediambient2.html>.
(Universitat Politècnica de Catalunya. Visitada el día 27/5/06)
- <http://www.upc.es/mediambient/coordinacio/documents/2nPlaMediAmbient.pdf>.
(Universitat Politècnica de Catalunya. Visitada el día 27/5/06)

Otros

- KREPS, C., 2000. *“Ecological Methodology”*. Versión 5.2, Canadá.
- Microsoft Office Excel, 2003. EEUU.