



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO**

**DIVISIÓN DE CIENCIAS ECONÓMICO  
ADMINISTRATIVAS**

**COORDINACIÓN DE POSGRADO**

---

---

**VALORACIÓN ECONÓMICA DEL RECICLAJE DE DESECHOS  
URBANOS**

**TESIS**  
QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA Y  
DE LOS RECURSOS NATURALES**

**PRESENTA:**

**GONZALO ABELINO TORRES**

**DIRECTOR DE TESIS**  
**Dr. RAMÓN VALDIVIA ALCALÁ**



DIVISIÓN GENERAL ACADÉMICA  
CENTRO DE SERVICIOS ESCOLARES  
COMITÉ DE EXÁMENES PROFESIONALES

**JULIO DE 2010**

**CHAPINGO, ESTADO DE MÉXICO**

---

---

## VALORACIÓN ECONÓMICA DEL RECICLAJE DE DESECHOS URBANOS

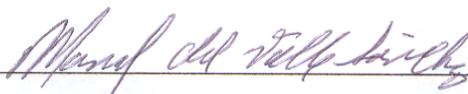
El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de Gonzalo Abelino Torres, autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales, estuvo constituido por:

PRESIDENTE: \_\_\_\_\_



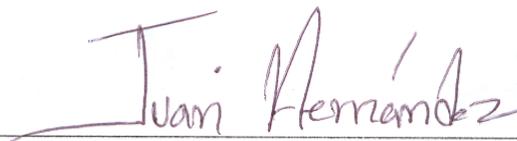
Dr. Ramón Valdivia Alcalá

ASESOR: \_\_\_\_\_



Dr. Manuel del Valle Sánchez

ASESOR: \_\_\_\_\_



Dr. Juan Hernández Ortíz

ASESORA: \_\_\_\_\_



M.C. Isaura Rentería Gómez

## DEDICATORIA

“El hombre está provisto del poder de la razón y de la creatividad para incrementar y multiplicar su herencia. Sin embargo, hasta ahora no ha hecho más que destruir. Los bosques crecen cada vez menos; los ríos se secan cada vez más; la vida silvestre está desapareciendo; el clima está alterado; y cada día que pasa, la tierra se empobrece y se deteriora aún más”.

Anton Chekhov (1896)

El esfuerzo y desempeño en esta tesis se los dedico con gran ahínco a mis padres, sobrinos y hermanos, quienes han sido mi mayor aliciente para continuar superándome.

A mis amigos más cercanos, por motivarme siempre a seguir adelante y a no dejar la vista atrás, y en especial a Marco Andrés, por su motivación y ayuda incondicional.

“Lo que hoy somos descansa en lo que ayer pensamos, y nuestros actuales pensamientos forjan nuestra vida futura”

Buda

## **AGRADECIMIENTOS**

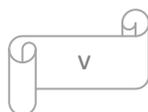
A la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), y en especial a la División de Ciencias Económico Administrativa (DICEA) por haberme brindado la oportunidad de realizar mis estudios de Maestría en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico brindado a través del otorgamiento de una beca, lo cual me permitió también la realización de mis estudios de Maestría en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales.

A cada uno de los profesores del posgrado de la DICEA por compartir sus valiosos conocimientos y experiencias.

Al Dr. José Antonio Ávila Dorantes, Coordinador de Estudios de Posgrado de la División de Ciencias Económico Administrativa de la UACH, por las facilidades brindadas durante el periodo de realización de este estudio.

Al Dr. Ramón Valdivia Alcalá, ex- Coordinador de Estudios de Posgrado de la División de Ciencias Económico Administrativa, mi profesor y distinguido amigo, a quien agradezco por haber aceptado ser mi director de tesis, y haberme brindado la oportunidad de realizar mi examen de grado.



Al Dr. Manuel del Valle Sánchez, a quien igualmente agradezco el haber aceptado ser mi asesor y haberme concedido la oportunidad de presentar mi examen de grado.

Al Dr. Juan Hernández Ortiz, a quien de la misma forma agradezco el haber aceptado ser mi asesor y haberme concedido la oportunidad de presentar mi examen de grado.

A la M.C. Isaura Rentería Gómez, gran amiga a quien de la misma forma agradezco el haber aceptado ser mi asesora y haberme concedido la oportunidad de presentar mi examen de grado.

Al Dr. Walter Tudela, gran amigo a quien agradezco su respaldo y apoyo brindado, lo cual hizo posible continuar realizando el análisis econométrico.

A las autoridades del Municipio de Texcoco, en especial al Departamento de Limpia Pública, por facilitarme información y darme el apoyo necesario para realizar esta tesis.

A la población de Texcoco, por su amabilidad al colaborar en la realización de este estudio.

## VALORACIÓN ECONÓMICA DEL RECICLAJE DE DESECHOS URBANOS

### ECONOMIC VALUATION OF URBAN WASTE RECYCLING

Gonzalo Abelino Torres<sup>1</sup>  
Ramón Valdivia Alcalá<sup>2</sup>

#### RESUMEN

En este estudio se realizó una valoración económica aplicando el método de valoración contingente referéndum (MVCR) para implementar un sistema de reciclaje integral. Para ello, se toma la población del municipio de Texcoco como caso de estudio, donde se aplicó un muestreo aleatorio simple con un nivel de confianza de 95%, resultando una muestra total de 402 personas.

El análisis muestra que más del 90% de los entrevistados está consciente del problema de la basura, el 70% conoce poco a cerca de reciclar y casi el 100% está de acuerdo en que es necesario implementar un sistema de reciclaje. De la aplicación del MVCR y mediante un ajuste LOGIT binomial, se obtuvo una disposición a pagar (DAP) por hogar igual a 2.09 dólares semanales, con beneficios totales de 99,685.7 dólares a la semana. Los coeficientes del modelo se estimaron con máxima verosimilitud. Finalmente, se concluye que el sistema de reciclaje adecuado para el área de estudio es el del precio basado en la unidad, con la opción de diseño de sistema híbrido.

**Palabras claves:** *Método de valoración contingente referéndum, LOGIT, Disposición a pagar (DAP), excedente del consumidor, máxima verosimilitud, precio basado en la unidad*

#### SUMMARY

In this paper, using the referendum contingent valuation method (RCVM), an economic valuation was carried out to implement an integrated recycling system. For this, the population of the municipality of Texcoco was taken as a case study, to which a simple random sampling method was applied with a confidence level of 95%, resulting in a total sample of 402 people.

The analysis shows that more than 90% of the people interviewed are aware of the garbage problem. However, 70% of respondents know very little about recycling and almost 100% of them think that it is necessary to set up a recycling system. Moreover, by applying the RCVM, and by adjusting a binary LOGIT model, a weekly willingness to pay (WTP) per household equal to US \$2.09 was estimated. As a result, total benefits of US\$99,685.7 were calculated per week. The model coefficients were estimated using maximum likelihood. Finally, it is concluded that the most suitable recycling system for the study area is the unit pricing one, with the hybrid system design option.

**Key words:** *Referendum contingent valuation method, LOGIT, willingness to pay (WTP), consumer surplus, maximum likelihood, unit pricing system*

<sup>1</sup> Tesista Gonzalo Abelino Torres. Correo: gonabe@gmail.com

<sup>2</sup> Director de tesis Ramón Valdivia Alcalá. Correo ramvaldi@gmail.com

## ÍNDICE GENERAL

<b>CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Planteamiento del problema .....	4
1.2 Justificación .....	5
1.3 Objetivos .....	8
1.3.1 Objetivo general .....	8
1.3.2 Objetivos particulares .....	8
1.4 Hipótesis .....	8
<b>CAPÍTULO II LOCALIZACIÓN.....</b>	<b>10</b>
2.1. Localización.....	10
2.1.1 Orografía.....	14
2.1.2 Hidrografía.....	15
2.1.3 Clima .....	15
2.1.4 Flora .....	15
2.1.5 Fauna .....	16
2.1.6 Vías de comunicación.....	16
2.1.7 Servicios educativos de Texcoco .....	17
<b>CAPÍTULO III SITUACIÓN ACTUAL DE LOS DESECHOS URBANOS EN MÉXICO .....</b>	<b>19</b>
3.1 Situación de los desechos urbanos en el Estado de México .....	21
3.2 Situación de los Residuos sólidos en el municipio de Texcoco .....	23
<b>CAPÍTULO IV REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>28</b>
<b>CAPÍTULO V MARCO CONCEPTUAL .....</b>	<b>33</b>
5.1 Economía de los recursos naturales .....	33
5.2 Economía ambiental .....	33

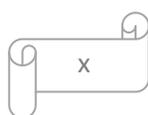
5.2.1 Medio Ambiente.....	33
5.2.2 Valoración del medio ambiente.....	34
5.2.3 Contaminación desde el punto de vista de la economía .....	35
5.2.4 Reciclaje .....	36
5.2.5 Eficiencia económica.....	40
5.2.6 Fallas de mercado.....	41
5.2.7 Óptimo de Pareto .....	42
5.2.8 Las externalidades .....	42
5.3 Herramientas microeconómicas.....	43
5.3.1 Precio .....	43
5.3.2 El concepto de valor .....	43
5.3.3 Teoría de la utilidad y de la preferencia.....	44
5.3.4 Las medidas de cambio en el bienestar .....	48
5.3.5 Tragedia de los comunes.....	52
5.3.6 Impuestos correctivos.....	54
5.3.7 Los derechos de propiedad y el teorema de Coase .....	56
5.4 Valoración económica.....	59
5.4.1 Valoración económica total.....	60
5.4.2 Métodos de valoración económica .....	61
<b>CAPÍTULO VI MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>69</b>
6.1 Metodología.....	69
6.1.1 Aplicación del método de valoración contingente .....	70
6.1.2 Muestreo.....	71
6.1.3 Obtención de la disposición a pagar .....	72
6.1.4 Modelo econométrico .....	77

## **CAPÍTULO VII MARCO NORMATIVO SOBRE MEDIO AMBIENTE Y ENVASES EN MÉXICO Y EN LOS PAÍSES DESARROLLADOS.....81**

7.1 Normatividad ambiente - envase en Estados Unidos.....	81
7.1.1 Reciclaje.....	81
7.1.2 Sistema de codificación para botellas de plástico.....	81
7.1.3 Prohibición de uso de envases.....	82
7.1.4 Plásticos degradables.....	82
7.1.5 Etiquetado ecológico.....	82
7.1.6 Legislación federal adicional.....	83
7.1.7 Legislación en algunos estados estadounidenses.....	84
7.2. Panorama reglamentario canadiense sobre medio ambiente y envases.....	84
7.2.1 Programa de recolección selectiva “Blue Box” (También llamado programa al pie de banqueta.....	84
7.2.2 Protocolo nacional del empaque.....	85
7.3 Código canadiense de prácticas preferenciales de envasado.....	86
7.3.1 Etiqueta ecológica.....	87
7.4 Normatividad en la Comunidad Europea.....	88
7.5. Ley alemana sobre el reciclaje.....	88
7.6 Enfoque normativo en Japón.....	90
7.6.1 Etiqueta Eco-Mark.....	91
7.7 Marco Institucional y Legal de los Residuos Sólidos en México.....	92
7.7.1 Atribuciones de las autoridades competentes en materia de los RSM en México.....	95

## **CAPÍTULO VIII REVISIÓN DE EXPERIENCIAS INTERNACIONALES CON RESPECTO AL PROBLEMA DE LA BASURA.....99**

8.1 Precio basado en la unidad.....	99
-------------------------------------	----



8.1.1. Opciones de diseño:.....	100
8.2 Sistema Dual Alemán de recolección de desechos .....	102
8.2.1. El punto verde.....	102
8.3 Sistema de recolección a pie de banqueta.....	104
8.3.1 Críticas .....	106
8.4. Método de las tres R`S.....	106
8.5 Responsabilidad extendida del productor.....	108
8.6 Esquema de reembolso de depósitos.....	108
8.7 Programa Cambia Pet-zos.....	109
8.8 Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS).....	110
8.8.1 Reducción en la fuente.....	111
8.8.2 Reutilización .....	111
8.8.3 El reciclaje .....	112
8.8.4 Tratamientos aeróbicos de los residuos orgánicos.....	114
8.8.5 Tratamientos anaeróbicos .....	122
8.8.6 La incineración con recuperación de energía.....	128
8.8.7 Relleno sanitario.....	131
<b>CAPÍTULO IX RESULTADOS DEL MODELO ECONOMÉTRICO.....</b>	<b>132</b>
9.1 Resultados del modelo Logit y de la DAP .....	132
9.2 Pruebas de significancia.....	133
9.3 Valoración económica del sistema de reciclaje integral en Texcoco. ....	138
9.4 Efectos marginales.....	138
9.5 Cálculo del intervalo de confianza para la media de la DAP .....	143
9.6 Resultados de las variables descriptivas.....	146
<b>CAPÍTULO X CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>155</b>

<b>CAPÍTULO XI BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>159</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>165</b>

### LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Uso del suelo y vegetación de Texcoco. Año 2002 a 2005.....	11
Cuadro 2. Producto Interno Bruto de Texcoco por sector. (Miles de pesos a precios de 1993).....	11
Cuadro 3. Servicios educativos del Municipio de Texcoco .....	18
Cuadro 4. Variables del modelo econométrico. ....	80
Cuadro 5. Autoridades Competentes de los RSM en México.....	93
Cuadro 6. Régimen jurídico de la prestación de servicios de limpia y protección al ambiente.....	98
Cuadro 7. Composición normal de un compost de residuos urbanos.....	115
Cuadro 8. Procesos generales de producción de compost.....	116
Cuadro 9. Aporte total de elementos por tonelada de lombricomposta por hectárea. ....	117
Cuadro 10. Producción al día de subproductos. ....	120
Cuadro 11. Desperdicios que pueden ser utilizados en la producción de combustible para energía y abono. ....	124
Cuadro 12. Cantidad de biogás que puede ser producido por varios desperdicios comunes. ....	124
Cuadro 13. Rendimientos de materia prima de digestión.....	125
Cuadro 14. Características de algunas materias primas .....	126
Cuadro 15. Sistemas químicos básicos de tratamiento de residuos urbanos.....	131
Cuadro 16. Análisis del modelo Logit.....	133
Cuadro 17. Parámetros obtenidos para el modelo econométrico. ....	135

Cuadro 18. Valor de la predicción. ....	136
Cuadro 19. Efectos marginales del modelo econométrico .....	141
Cuadro 20. Intervalo de confianza de la media.....	146
Cuadro 21. Estadísticas descriptivas.....	147

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Municipio de Texcoco .....	10
Figura 2. PEA por nivel de ingreso del municipio de Texcoco. Año 2000 .....	12
Figura 3. Composición de los residuos sólidos municipales en México.....	19
Figura 4. Generación de residuos sólidos urbanos por entidad federativa.....	20
Figura 5. Generación de residuos peligrosos en México. Periodo 2004-2007.....	20
Figura 6. Condición óptima del reciclaje.....	39
Figura 7. Excedente del consumidor.....	48
Figura 8. Variación compensada y variación equivalente .....	51
Figura 9. Corrección de la contaminación mediante la aplicación de impuestos. ....	55
Figura 10. Categorías de los atributos de los valores económicos para los recursos ambientales.....	61
Figura 11. Organismos a cargo del uso de los residuos sólidos. ....	92
Figura 12. Método de las tres R`S.....	107
Figura 13. Centro de composteo Santiaguito .....	118
Figura 14. Planta de tratamiento mecánico-biológico (São Sebastião, Brasil) .....	122
Figura 15. Biodigestor chino.....	126
Figura 16. Opinión de los entrevistados sobre el problema de la basura.....	147
Figura 17. Frecuencia semanal de la población para tirar su basura.....	148

Figura 18. Conocimiento de la población sobre el reciclaje .....	149
Figura 19. Participación de la población en la separación de la basura antes de entregarla al servicio de limpia. ....	149
Figura 20. Razones principales por las que no se separa la basura en el hogar ...	150
Figura 21. Conocimiento de algún tipo de beneficio por reciclar.....	151
Figura 22. Percepción de la población sobre la implementación de un sistema de reciclaje.....	151
Figura 23. Razones por las que los entrevistados no están dispuestos a pagar....	152
Figura 24. Frecuencia de respuestas afirmativas y negativas de los entrevistados en base al ingreso. ....	153

## ABREVIATURAS UTILIZADAS

UACH	Universidad Autónoma Chapingo
MVC	Método de valoración contingente
MVCR	Método de valoración contingente referéndum
DAP	Disposición a pagar
EE	Excedente equivalente
CO <sub>2</sub>	Bióxido de carbono
RS	Residuos sólidos
INE	Instituto Nacional de Ecología
RSM	Residuos sólidos municipales
LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
SEMARNAP	Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca
UBP	Sistema de precio basado en la unidad
DSD	Sistema dual alemán
REP	Responsabilidad Extendida del Productor
ECV	Estudio del Ciclo de Vida
GIRS	Gestión Integral de Residuos Sólidos
PET	Tereftalato de polietileno
PEAD	Polietileno de Alta Densidad
PVC	Poli-Cloruro de Vinilo
PEBD	Polietileno de Baja Densidad
PP	Polipropileno
PS	Poliestireno
RSO	Residuos sólidos orgánicos
FAO	Organización para la agricultura y alimentación
kWh	Kilowatt/ hora
HP	Caballos de fuerza
HL	Prueba de Hosmer-Lemeshow
AIC	Criterio de Información de Akaike
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía

## **CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN**

En los últimos años el problema de los desechos urbanos se ha acentuado con gran intensidad, sobre todo, en las grandes urbes en las que el proceso de urbanización se ha dado con mayor aceleración.

El mal manejo de la basura, y la falta de una cultura de protección ambiental, desencadenan efectos tales como: insalubridad, enfermedades infectocontagiosas, contaminación de las aguas superficiales, del aire, de los mantos freáticos, de los suelos, etc., que repercuten de forma negativa en el medio ambiente y en la sociedad.

La basura es un problema a nivel global; sin embargo, en algunos países desarrollados ésta representa una oportunidad, ya que la implementación de un buen sistema de reciclaje ha permitido la generación de empleos. Por ejemplo, en Iowa, Estados Unidos se reciclan 1.2 millones de toneladas de materiales cada año, lo que permite prolongar la existencia de algunos recursos. Tan solo en el año 2002 se lograron reducir en un 35% los materiales que son enviados a los rellenos sanitarios. Asimismo, para el año 2009 la industria del reciclaje había generado 2.4 billones de dólares y creado más de 11, 400 empleos (<http://www.iowadnr.gov>).

México aún no cuenta con métodos adecuados para el control de la basura, y la gran mayoría de ésta va a parar a terrenos destinados para su acumulación o a los pocos rellenos sanitarios que existen; aunque por otro lado, estos rellenos sanitarios tienen un límite, y una vez saturados se deben

de buscar otros sitios para poder implementar uno nuevo. Asimismo, la generación de Gases de los Rellenos Sanitarios (GRS) continúa de 20 a 30 años después del cierre. Aunado a esto, el poco reciclaje que se practica se hace de manera informal, básicamente a través de los pepenadores durante el almacenamiento de los residuos en los depósitos, mediante la recolección de los desechos o bien, durante la disposición final en los vertederos (Careaga, J., 1993:131).

Dado lo anterior, es de gran relevancia generar información y conocimientos sobre los distintos métodos de reciclaje que se están implementando en otros países del mundo, ya que esto puede coadyuvar a tener los elementos necesarios, a fin de que los gobiernos puedan determinar las acciones que se lleven a cabo para aminorar el problema.

El problema de la contaminación del medio ambiente está estrechamente vinculado con las llamadas fallas de mercado. Estas fallas aparecen cuando los mercados no actúan eficientemente en la asignación de los recursos; es decir, cuando no existe el óptimo de Pareto (versión más moderna y rigurosa sobre el argumento de Adam Smith de la influencia benigna de la mano invisible en el mercado). Una manifestación de las fallas de mercado son las externalidades, las cuales aparecen cuando, debido a la estructura de los derechos de propiedad, las relaciones entre los agentes económicos no pueden ser reguladas por el propio mercado (Perman R. *et al.*, 2003:7).

De este modo, el hombre razonable, tratando de maximizar su ganancia, encuentra que los costos de descarga de los desperdicios en el medio ambiente son mucho menores que los costos por tratar sus desechos antes de deshacerse de ellos, lo que origina una externalidad negativa.

Otro punto de vista de la existencia de estas externalidades es que aparecen debido a que el medio ambiente es considerado como un bien público que no tiene mercado, y por consiguiente es necesario encontrar su valor desde una perspectiva económica, de manera que cuando se utilice, se conozca y se pague por el costo que ello representa. (Azqueta, 1994: 8).

En México existen pocos análisis empíricos sobre la valoración económica de este tipo de bienes. Es por ello que esta investigación se sitúa en dicho campo, y tiene como finalidad primordial estimar la disposición a pagar de los habitantes de Texcoco para implementar un sistema de reciclaje integral. Para llevar a cabo dicho propósito se realizó una valoración económica utilizando el método de valoración contingente a través de un modelo Logit binomial. Para lo anterior se asume que la disponibilidad a pagar de las personas debe reflejar el valor que para éstas tiene la calidad ambiental del municipio y áreas aledañas, las áreas sin urbanizar y las áreas que son utilizadas como rellenos sanitarios. El planteamiento principal consiste en separar desde el hogar los desechos domiciliarios en orgánicos e inorgánicos colocados en botes o bolsas de diferente color, agrupando la segunda categoría en papel y cartón, vidrio, plásticos, materiales metálicos y material no reciclable, a fin de que los camiones recolectores pasen por

ellos en diferentes días de la semana para facilitar un mejor manejo de los residuos, destinando así los orgánicos a la lombricultura y los inorgánicos a las plantas recicladoras.

### **1.1 Planteamiento del problema**

En septiembre de 2009 el titular de la Dirección de Ecología del ayuntamiento texcocano informó al periódico Alianza Tex que para éste y otros municipios el tema de la basura está ya en fase roja debido al anuncio del cierre del basurero Bordo Xochiaca, lo cual propicia buscar un nuevo relleno sanitario o alternativas para la eliminación de desechos (Alianza Tex, septiembre de 2009). En el Bordo, se depositaban los residuos y diferentes desechos de Texcoco, Atenco, Ixtapaluca, Los Reyes, Ciudad Nezahualcóyotl y varias delegaciones de la Ciudad de México, y para el año 2009 contenía ya más de doce millones de toneladas de basura acumuladas a cielo abierto, cuya capacidad había rebasado su límite.

Los desechos del municipio de Texcoco son ahora enviados al Bordo Poniente; sin embargo, la Secretaría del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales (SEMARNAT) había dado como fecha límite para su clausura el 15 de enero del 2009, pero en la actualidad aún sigue funcionando. Los desechos que se generan en Texcoco suman alrededor de 180 toneladas al día; es decir, entre 0.7 kg y 1 kg de basura per cápita diariamente (Departamento de Limpia y Sanidad de Texcoco, 2010). Por otra parte, el titular de la Dirección de Ecología del municipio también comentó que del total de estos residuos el 40% podría reciclarse y el 50% está constituido

por materia orgánica, la cual podría aprovecharse para la producción de composta. Además, mencionó que el municipio no cuenta con el suficiente presupuesto para construir plantas tratadoras de basura, así como para dotar de tecnología a los trabajadores de limpia para dar un uso correcto a los materiales orgánicos que los texcocanos desechan. Otro problema que señaló es que la población no está acostumbrada a separar los residuos en orgánicos e inorgánicos y a clasificar estos últimos; sin embargo, añadió que no solo hace falta separar la basura, sino que se requieren las instalaciones necesarias para reutilizar y explotar los desechos generados (Alianza Tex, junio de 2009).

Dado lo anterior, el problema consiste en determinar la disponibilidad a pagar de la población texcocana para que se implemente un sistema de reciclaje basado en una cuota semanal y en el que participen de forma activa, población, gobierno, sociedad e instituciones públicas y privadas. De esta forma, con los fondos recabados podría conseguirse parte de la infraestructura que se requiere para el tratamiento de los desechos urbanos generados en Texcoco.

## **1.2 Justificación**

De las 103 mil toneladas de desechos urbanos que se producen diariamente en México (1.3 kg por habitante), solo el 60% es enviado a rellenos sanitarios y el 10% a rellenos de tierra controlados, mientras que el 30% restante es arrojado en sitios no controlados (tiraderos a cielo abierto) (INEGI, 1998-2008). Asimismo, del total de desechos generados, solo el 14% es reciclado, mientras que en países como Japón se recicla cerca del

50% del papel, 80% de latas y el 75% de vidrio. Para Estados Unidos: 45%, 59% y 21% respectivamente (Tietenberg, 2006: 183).

El mal manejo de los Residuos Sólidos (RS) trae consigo una serie de problemas ambientales, económicos, y sociales que repercuten de una u otra forma en la misma población y en los propios gobiernos. Por tan solo mencionar algunos ejemplos, el trasladar la basura a grandes distancias de donde se genera involucra altos costos para los gobiernos municipales, aunado a los pagos por tonelada a los concesionarios de los rellenos sanitarios y los gastos de recolección en los municipios.

En México, los desechos orgánicos representan aproximadamente el 47% de los desechos urbanos (41% de residuos de alimentos y 6% de jardinería) (Careaga J., 1993: 6). Asimismo, los desechos orgánicos tienden a degradarse, por lo que la temperatura del material se eleva entre 40 y 60° C, liberándose biogás de esta degradación, el cual es una mezcla de gases de efecto invernadero compuesta principalmente de metano (CH<sub>4</sub>) y bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en proporciones aproximadamente iguales, constituyendo normalmente el 97% del mismo (Quintero, 2004:1). Así también, de acuerdo con el último informe del Panel Intergubernamental del Cambio Climático Global de las Naciones Unidas (IPCC), el sistema climático mundial está experimentando una alteración de origen antropogénico, asociada a las emisiones de gases de efecto invernadero. Cifras proporcionadas por el Banco Mundial estimaron que aproximadamente 23 mil millones de toneladas de CO<sub>2</sub> se emanaron a la atmósfera en 1995, cantidad tres veces

mayor al valor estimado de 1950. Algunos cálculos revelan que el 20% de las emisiones CO<sub>2</sub> y el 50% de gas metano provienen de los residuos sólidos municipales (Rojas *et al.*, 2008: 53-54).

De toda la República Mexicana, el Estado de México ocupa el primer lugar en generar desechos domiciliarios (cerca de 17 mil toneladas diarias) aportando 16.4% del total nacional, seguido del Distrito Federal con el 12.6% y en tercer lugar el Estado de Jalisco con el 7% (INEGI, 2005). A la fecha, 48 ciudades de todo el país han decidido privatizar algunos aspectos del sistema de recolección de basura, encabezando la lista la Ciudad de Guadalajara. Por ahora son siete empresas las que se encuentran ofreciendo este tipo de servicios, una de ellas manejando 19 sucursales en todo el país (<http://www.bnamericas.com>).

El municipio de Texcoco, al igual que muchos municipios aledaños, no está exento a este problema, como ya se mencionó en párrafos anteriores. Dado lo anterior, es menester plantear un nuevo sistema integral y una serie de políticas que garanticen un manejo sustentable de los desechos urbanos mediante una mejor clasificación, manejo, disminución y su reciclaje en la industria.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

Estimar la disposición a pagar de las familias por el reciclado de los desechos urbanos, a fin de proponer un sistema de reciclaje integral que permita un mejor manejo y aprovechamiento sustentable de dichos desechos, aminorando de esta forma su acumulación y reduciendo así los costos de recolección y los daños que éstos ocasionan al medio ambiente.

### **1.3.2 Objetivos particulares**

- Determinar la cantidad monetaria que la población está dispuesta a pagar para mejorar la calidad ambiental con respecto a los desechos urbanos.
- Analizar el comportamiento de la población hacia el reciclaje, para implementar un sistema de reciclaje basado en las necesidades que existan.
- Proponer los diferentes métodos de reciclaje y normas que existen en algunos países desarrollados como Alemania y Estados Unidos y que pueden ser aplicados en el municipio de Texcoco.

## **1.4 Hipótesis**

- Los habitantes del municipio de Texcoco perciben los problemas medioambientales que surgen como consecuencia del mal manejo de

los desechos urbanos y además, están dispuestos a pagar una cantidad monetaria por una mejora en la calidad ambiental.

- El reciclaje no se realiza a nivel hogar debido a que no existe la infraestructura (botes y vehículos especiales) y condiciones necesarios para poder implementarlo.
- El problema de la basura en el municipio de Texcoco es grave.

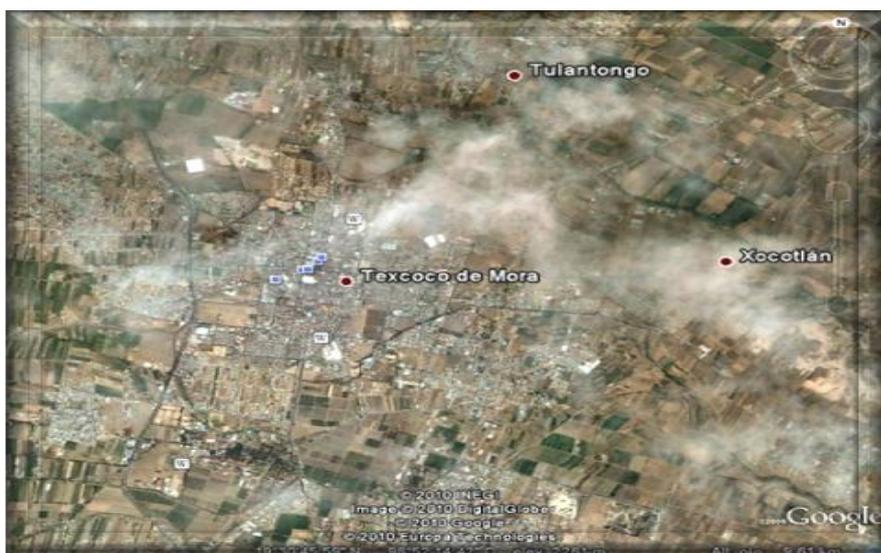
## CAPÍTULO II LOCALIZACIÓN

### 2.1. Localización

Este trabajo se llevó a cabo en el Municipio de Texcoco, Estado de México.

A continuación se detallan algunos aspectos relevantes:

**Figura 1. Municipio de Texcoco**



Fuente: Google Earth

Texcoco se encuentra situado geográficamente en la parte oriente del Estado de México a 25 km del Distrito Federal. Colinda al norte con los municipios de Atenco, Tepetlaoxtoc, Papalotla, Chiautla y Chiconcuac; al sur con Chimalhuacán, Chicoloapan, Ixtapaluca y Nezahualcóyotl; al poniente con los municipios de Nezahualcóyotl y Ecatepec; y al oriente con los estados de Tlaxcala y Puebla (<http://www.texcoco.gob.mx>).

Latitud: 98° 39' 28" - 99° 01' 45"

Longitud: 19° 23' 40" - 19° 33' 41"

Altitud: 2,250 msnm.

La población del municipio es de 203, 308 habitantes. Cuenta con 69 localidades y con 47, 679 hogares INEGI (2005).

Por otro lado, para la Ciudad de Texcoco de Mora se registran 23, 060 hogares, los cuales están formados en promedio por cuatro personas INEGI (2005). Así también, el municipio cuenta con una superficie total de 43 260 hectáreas, las cuales se encuentran distribuidas de la siguiente manera por actividad económica INEGI (2008):

**Cuadro 1. Uso del suelo y vegetación de Texcoco. Año 2002 a 2005**

<b>Concepto</b>	<b>Estado de México (ha)</b>	<b>Municipio de Texcoco (ha)</b>
Superficie total	2,235, 680	43, 260
Agricultura	1, 035, 221	17, 541
Pastizal	328, 429	6, 282
Bosque	407, 548	12, 124
Selva	16, 396	0
Matorral xerófilo	16, 658	199
Otros tipos de vegetación	4, 190	0
Vegetación secundaria	312, 318	2, 311
Áreas sin vegetación	10, 211	2, 383
Cuerpos de agua	17, 632	1, 298
Áreas urbanas	87, 077	1, 122

Fuente: INEGI. Síntesis estadística municipal, Texcoco, México 2008

**Cuadro 2. Producto Interno Bruto de Texcoco por sector. (Miles de pesos a precios de 1993).**

<b>Sector</b>	<b>2001</b>	<b>2006</b>
Total	157, 059, 357	179, 995, 950
Primario	5, 234, 799	4, 907, 041
Secundario	56, 722, 992	59, 550, 557
Terciario	95, 101, 567	115, 538, 353

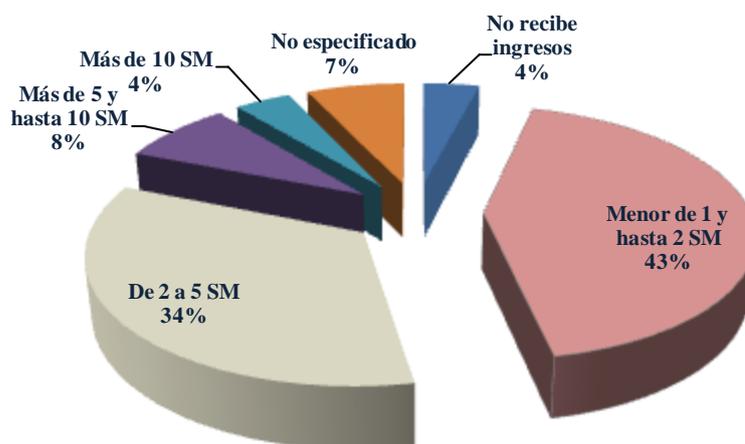
Fuente: INEGI. Síntesis estadística municipal, Texcoco, México 2008

En lo que respecta al ingreso de los habitantes, se reportaron 5,706 dólares per cápita para el año 2000. Asimismo, se reporta un índice de desarrollo humano de 0.800, lo que coloca al municipio en el lugar número 203 a nivel

nacional con respecto al grado de desarrollo. El municipio cuenta con un alto nivel de educación, ya que se reportó que el 99.2 % de la población de 15 a 24 años sabe leer y escribir (INEGI, 2008).

En el año 2000 se reportaron para el municipio 144,757 habitantes de 12 años y más. De este total, 70,586 correspondieron a la población económicamente activa; 73, 674 a la población inactiva y 497 no fueron identificados (<http://www.edomexico>).

**Figura 2. PEA por nivel de ingreso del municipio de Texcoco. Año 2000**



Fuente: <http://www.edomexico.gob.mx/bitacora/htm/11/0301.html>

En la figura 2 se muestra que la población ocupada total de Texcoco es de 69,662, estando constituido el 47% por personas que no recibe ningún ingreso y por personas que reciben menos de 2 salarios mínimos al día (<http://www.edomexico.gob.mx>). Para este municipio, el cual se encuentra comprendido en el área geográfica C, el salario mínimo por día es de \$54.5 pesos, el cual fue publicado en el Diario Oficial de la Federación y que entró en vigor en enero de 2010 (El Universal, 2009).

Por otra parte, la población ocupada se distribuye de la siguiente manera: 7% en el sector primario; el 27.5 % en el sector secundario; el 62% en el sector terciario y el 3.5% no está especificado (<http://www.edomexico.gob.mx>).

Asimismo, el municipio está integrado por una cabecera municipal que es la Ciudad de Texcoco de Mora la cual se divide en 19 sectores y 55 comunidades.

Para el cumplimiento de sus funciones políticas y administrativas del Gobierno Municipal, el municipio tiene la división territorial siguiente:

Cabecera Municipal:

Barrio San Pedro, El Xolache I, El Xolache II, Joyas de San Mateo, San Juanito, Santa Úrsula, Niños Héroes, Valle de Santa Cruz, El Centro, Las Salinas, Las Américas, San Lorenzo, El Carmen, San Mateo, San Martín, La Conchita, Joyas de Santa Ana, Zaragoza – San Pablo y Unidad Habitacional Las Vegas.

Las localidades establecidas dentro del territorio municipal se dividen para su organización territorial en 5 zonas de la manera siguiente:

Zona de la Ribera Lacustre: San Felipe, San Miguel Tocuila, Santa Cruz de Abajo, Vicente Riva Palacio, La Magdalena Panoaya, Colonia Nezahualcóyotl (Boyeros), Colonia Guadalupe Victoria y Los Sauces.

Zona Norte: Santiaguito, Santa María Tulantongo, San Simón, Pentecostés, La Resurrección, San José Texopa y Los Reyes San Salvador.

Zona Sur: San Bernardino, Montecillo, El Cooperativo, Fraccionamiento El Tejocote, Lomas de Cristo, Unidad Habitacional Emiliano Zapata-ISSSTE, Lomas de San Esteban, San Luis Huexotla, San Mateo Huexotla, San Nicolás Huexotla, Colonia Wenceslao Victoria, Villa Santiago Cuautlalpan, San Miguel Coatlinchán, Colonia Bellavista, Colonia Sector Popular, Colonia Villas de Tolimpa, Colonia Lázaro Cárdenas, Colonia Leyes de Reforma y Colonia El Trabajo.

Zona Conurbada: Unidad Habitacional Embotelladores, La Trinidad, San Diego, San Sebastián y Santa Cruz de Arriba.

Zona de la Montaña: Xocotlán, Santa Inés, Santa Cruz Mexicapa, San Dieguito Xochimanca, San Juan Tezontla, San Miguel Tlaixpan, San Nicolás Tlaminca, San Joaquín Coapango, La Purificación Tepetitla, Santa María Nativitas, Tequexquinahuac, San Pablo Ixayoc, Santa Catarina del Monte, Santa María Tecuanulco, San Jerónimo Amanalco y Guadalupe Amanalco (<http://www.texcoco.gob.mx>).

### **2.1.1 Orografía**

Texcoco tiene algunas elevaciones importantes, como el monte Tláloc con 4,500 msnm, que se extiende desde la comunidad de Santiago Cuautlalpan hasta San Jerónimo Amanalco; el cerro Tepechichilco en la comunidad de Tequexquinahuac; el cerro Tetzcutzinco en la comunidad de San Nicolás Tlaminca; el Tecuachacho en San Miguel Tlaixpan y el cerro de Moyotepec en San Jerónimo Amanalco. Además, el Cuatemulco, Tlapahuetzia, Apipilhuasco y Chiconcuayo. La mayor parte de estos cerros toman su

nombre de la comunidad a la que pertenecen. Existen también en el municipio varias cañadas que hacen al territorio algo accidentado (Ídem).

### **2.1.2 Hidrografía**

Antiguamente el municipio gozaba de la gran laguna localizada al poniente de la cabecera municipal, que hasta el momento es alimentada por los riachuelos: el Cozcacuaco, el Chapingo y el San Bernardino (Ídem).

### **2.1.3 Clima**

El clima es templado semi-seco, con una temperatura media anual de 15.9°C, con heladas poco frecuentes y una precipitación pluvial media anual de 686.0 mm. Sus vientos dominantes son del sur (Ídem).

### **2.1.4 Flora**

Por su clima templado y su altura sobre el nivel del mar el municipio cuenta con una flora propia de estas regiones. En el Monte Tláloc existe oyamel, encinos, y otras coníferas, aunque no en cantidad suficiente para una explotación importante.

El clima es propicio para árboles como: el ahuehuete, el pirul, el sauce, el fresno, el nogal, el tejocote, el capulín, el chabacano, el olivo, el manzano, el higo, etc.

En cuanto a las plantas y flores, crecen: rosas, claveles, alcatraces, gladiolos, nube, margaritas, margaritones, violetas, bugambilias, nardos, azucenas, etc. (Ídem).

### **2.1.5 Fauna**

El municipio contó con una fauna abundante que tendió a desaparecer como el venado, el coyote y el ocelote. Se conservan silvestres: conejos, liebres, cacomiztles, tejones, ardillas, tuzas, ratas de campo, etc.

Los reptiles también casi han desaparecido y sólo quedan algunos como la víbora de cascabel. Por ser zona lacustre, hubo en forma abundante viborillas de agua, inofensivas, que están por extinguirse. Lo mismo pasa con el "cencuate", reptil de 35 a 50 cm no venenoso que en algunas regiones se consume como alimento.

De las aves se han extinguido el halcón, águila, zopilote, y gavilán. Hasta hace unos años el lago era una de las principales fuentes de alimentación para el municipio, había pescado blanco "criollo", trucha, juiles, ranas y acociles. Actualmente casi todas estas especies han desaparecido (Ídem).

### **2.1.6 Vías de comunicación**

Texcoco es hoy en día uno de los municipios pertenecientes a la denominada Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM). La cabecera municipal se encuentra conectada al Distrito Federal por la autopista Peñón-Texcoco y por la carretera federal Los Reyes-Lechería. Recientemente, se inauguró una nueva vía de comunicación conocida como "Periférico de Texcoco", la cual es un libramiento para el transporte pesado que parte desde las inmediaciones de la Universidad Autónoma Chapingo hasta la Carretera Federal México-Calpulalpan, y que se construyó con el propósito de mejorar el tránsito vehicular dentro del municipio y disminuir la

contaminación por emisiones de automóviles  
(<http://es.wikipedia.org/wiki/Texcoco>).

### **2.1.7 Servicios educativos de Texcoco**

El municipio de Texcoco cuenta con varias instituciones de enseñanza e investigación con prestigio nacional e internacional tales como:

- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)
- Universidad Autónoma Chapingo
- Colegio de Posgraduados,
- Universidad Autónoma del Estado de México
- Universidad del Valle de México
- Universidad Privada del Estado de México, Campus: Texcoco
- Liceo Universidad Pedro de Gante
- Centro Universitario de Texcoco Francisco Ferreira y Arreola

También se encuentran varios planteles de enseñanza básica, media y superior los cuales se describen en el cuadro 3.

**Cuadro 3. Servicios educativos del Municipio de Texcoco**

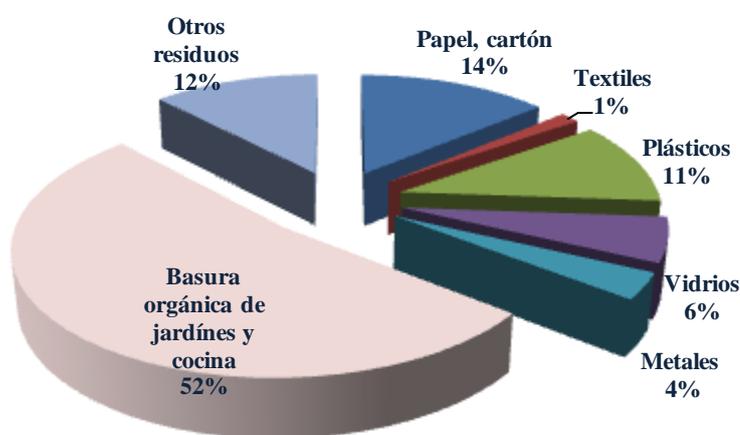
<b>Concepto</b>	<b>Estado</b>		<b>Municipio</b>	
	Ciclo escolar 2000/01	Ciclo escolar 2006/07	Ciclo escolar 2000/01	Ciclo escolar 2006/07
<b>Escuelas</b>	16 286	20 641	258	323
Preescolar	5 294	8 365	81	131
Primaria	7 168	7 615	98	107
Secundaria	2 950	3 386	53	57
Profesional técnico	117	112	2	2
Bachillerato	757	1 163	24	26
<b>Infraestructura educativa</b>				
Planteles	10 773	12 086	187	203
Aulas	90 106	107 094	1 819	2 013
Bibliotecas	1 088	1 390	15	21
Laboratorios	3 694	5 894	129	318
Talleres	5 424	6 048	305	172
Anexos	31 677	18 773	588	178
<b>Bibliotecas públicas</b>				
Número de bibliotecas	584	663	17	19

Fuente: INEGI. 2008. Síntesis estadística municipal, Texcoco, México.

### CAPÍTULO III SITUACIÓN ACTUAL DE LOS DESECHOS URBANOS EN MÉXICO

En México se producen 103 mil toneladas diarias de RSM, cantidad que se ha venido incrementando debido al aumento de la población y a los cambios en los hábitos de consumo. La composición de estos materiales se describe en la figura 3 (INEGI, 2008).

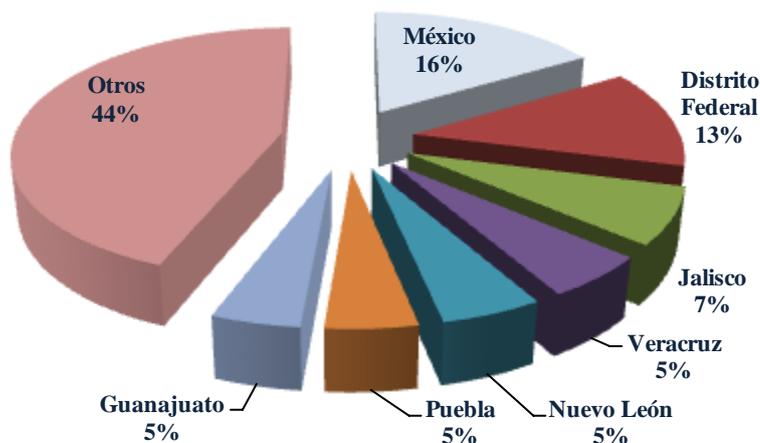
**Figura 3. Composición de los residuos sólidos municipales en México**



Fuente: INEGI. 2008

El rubro metales incluye aluminio, metales ferrosos y otros como cobre, plomo, estaño y níquel. En otros residuos se incluyen residuos finos, pañal desechable, etc.

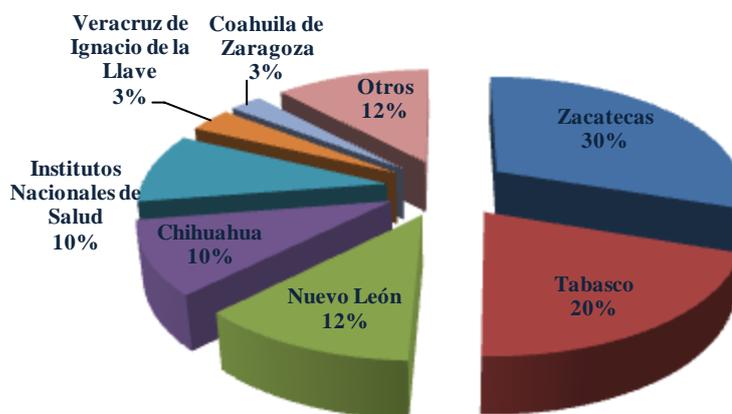
**Figura 4. Generación de residuos sólidos urbanos por entidad federativa**



Fuente: INEGI, 2008.

En la figura 4 se puede observar que el Estado de México encabeza la lista de los estados que generan mayor cantidad de residuos urbanos, ya que genera 6, 169, 000 toneladas de basura anualmente. Le sigue el Distrito Federal con 4, 745, 000 toneladas anuales y en tercer lugar el Estado de Jalisco con 2, 710, 000 toneladas al año INEGI (2008).

**Figura 5. Generación de residuos peligrosos en México. Periodo 2004-2007**



Fuente: INEGI 2004-2007

En la figura 5 se muestran los principales estados que generaron más residuos peligrosos en México para el periodo 2004-2007. Estos residuos sumaron un total de 8 millones 826 mil toneladas acumuladas a nivel nacional e incluyen todos los desechos provenientes de empresas, talleres mecánicos, talleres de hojalatería y pintura, consultorios médicos, consultorios dentistas o veterinarios y de hospitales. En esta categoría también se incluyen los residuos infecciosos biológicos. Para el Distrito Federal no se tienen datos registrados; sin embargo, en el año 2000 ocupó el segundo lugar con 625 mil toneladas, superado únicamente por el Estado de Guanajuato.

### **3.1 Situación de los desechos urbanos en el Estado de México**

El Estado de México, con sus 125 Municipios y alrededor de 15 millones de habitantes enfrenta graves problemas ambientales, siendo el manejo de los residuos sólidos uno de los más serios. Alrededor de 9 millones de personas viven en los municipios de la zona conurbada al D. F. que representa una parte considerable de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) con alrededor de 20 millones de habitantes. A excepción de la Zona Metropolitana Toluca-Metepec, el resto de los municipios son predominantemente rurales y semiurbanos (Iglesias, 2007: 136). Por otra parte, los municipios urbanos generan el 86.3% de los desechos totales del Estado, los rurales el 6.5% y los semiurbanos el 7.2% (Iglesias, 2007: 137).

De la misma forma, en el Estado se generan cerca de 17 mil toneladas diarias de residuos sólidos, y de este total, alrededor del 75% se genera en los municipios de la franja conurbada al D.F.; de esta generación total, el

32.6% se dispone en sitios controlados, el 31.5% en rellenos sanitarios, el 18.7% en sitios en proceso de saneamiento y el resto en tiraderos clandestinos a cielo abierto (López citado por Iglesias, 2007:137).

Aún cuando en el Estado se cuenta con 7 rellenos sanitarios (Atizapán de Zaragoza, Coatepec Harinas, Ecatepec, Ixtlahuaca, Tlalnepantla, Valle de Bravo y Jocotitlán), 32 sitios de disposición controlados, 30 más en proceso de saneamiento y 33 con disposición inadecuada, estos no son suficientes para subsanar tal situación, al contrario parece tornarse cada vez más complejo al no encontrarse sitios adecuados de disposición final, y cuando se encuentran (los predios) tienen un alto precio o se suscitan conflictos sociales que impiden el establecimiento de este tipo de infraestructura (López citado por Iglesias, 2007:137).

A pesar de contar con esta infraestructura, el incremento de los residuos ha saturado ya algunos de estos espacios de confinamiento, pues ahora se puede cuantificar que operan 14 sitios controlados, en donde se cuenta con maquinaria para operación y mantenimiento permanente; se compactan y cubren los residuos empleando métodos semejantes a los utilizados en los rellenos sanitarios. Además, se carece de algunas obras de ingeniería como los sistemas de captación y desvío de aguas pluviales, de extracción de biogás o de tratamiento de lixiviados. Asimismo, operan 36 sitios en proceso de saneamiento y se identifican 54, en donde la disposición resulta totalmente inadecuada (Iglesias 2007: 138).

### **3.2 Situación de los Residuos sólidos en el municipio de Texcoco**

En el municipio de Texcoco se producen cerca de 180 toneladas diarias de desechos urbanos de acuerdo al Jefe del Departamento de Limpia del municipio (Enero, 2010), los cuales se disponían en el Bordo Xochiaca a pesar de que la Secretaría del Medio Ambiente había declarado su cierre en junio del 2007. En la actualidad, estos desechos se disponen en el Bordo Poniente. A pesar de que las autoridades del servicio de limpia pública aseguran que no cuentan con la información concerniente a los gastos de recolección de los desechos domiciliarios, las personas que laboran en el Bordo Xochiaca mencionan que los municipios tienen que pagar a los concesionarios de los rellenos sanitarios 120 pesos por tonelada depositada. El municipio de Texcoco gastó más de un millón 127 mil pesos por el procesamiento de sus desperdicios en todo el año 2005, de los cuales, más de 850 mil pesos fueron por gastos de gasolina y diesel (El Universal, Julio de 2005).

En el municipio no se cuenta con algún programa de reciclaje o con algún tipo de reglamento o norma que regule la separación de basura desde los hogares, aunque algunos trabajadores del servicio público afirman que hace aproximadamente once años se intentó establecer una campaña de reciclaje, la cual solo funcionó unos meses debido a la poca publicidad y al poco apoyo que tuvo por parte de las autoridades municipales. Aún así, los materiales tales como el aluminio, el cobre, fierro, vidrio, cartón y el pet, se separan de manera informal a la hora de llevarse a cabo la recolección, ya sea por parte del servicio público o por el privado.

El Director General de Servicios Públicos de Texcoco comentó en septiembre de 2009 que este municipio cuenta con diez carros de basura, con los que se recorren las cincuenta y seis comunidades del ayuntamiento, los cuales son maniobrados por cuatro trabajadores cada uno (<http://www.alianzatex.com>). Las capacidades de estos vehículos varían entre las 3.5 y 7 toneladas. Asimismo, en base al Jefe del Departamento de Limpia del municipio (2010), la recolección de desechos se hace tres veces al día y los 365 días del año.

De acuerdo a las entrevistas realizadas, las personas que viven en los lugares más alejados del centro se quejan de que el servicio solo pasa en raras ocasiones, por lo que tienen que pagar una cuota de hasta 40 pesos semanales al servicio privado en algunos casos. Lo anterior, refleja la incapacidad del municipio para recolectar toda la basura de las comunidades.

Algunas amas de casa comentan que tienen que llevar su basura desde sus hogares hasta la ciudad de Texcoco, ya que en las colonias más alejadas del centro de la ciudad no pasa el servicio de limpia pública ni el servicio particular. De la misma forma, aseguran que ante esta situación, algunas familias optan por tirar su basura en los barrancos o zanjas, lo que contamina las aguas y las áreas verdes; otras familias optan por la quema al aire libre, aunque ésta segunda acción tampoco es una solución sustentable, ya que por ejemplo, en la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal se sanciona a toda persona que realice este tipo de actos debido a la emisión de CO<sub>2</sub>.

En este tipo de colonias, un poco más rurales que urbanas, el problema consiste en como deshacerse de los desechos inorgánicos, ya que los desechos orgánicos, o son utilizados como composta, debido a la gran extensión de patio que se tiene, o son regalados a las personas que crían cerdos.

En el centro de la ciudad hay personas particulares que recolectan los desechos domiciliarios por los lugares en los que no pasa el servicio de limpia pública, o en los que pasa muy raras veces. Estas personas utilizan pequeños tambos de fierro con capacidad de 200 litros, los cuales, una vez llenos de basura, son llevados a un terreno baldío, en donde posteriormente son vaciados a un camión recolector del municipio. A pesar de lo anterior, la población no coopera con esta labor que se desempeña, ya que revuelven la basura orgánica con la inorgánica, lo que dificulta la separación y clasificación de los materiales. Lo mismo pasa con los desechos generados en los mercados, en los que de acuerdo al personal de limpia pública, más del 50% son residuos orgánicos, los cuales se revuelven con los inorgánicos a la hora de vaciarlos en los camiones recolectores, siendo que podrían ser aprovechados por alguna granja porcina o para la producción de composta.

Algunas amas de casa mencionan que ya se habían implementado botes de metal en algunos puntos estratégicos de la ciudad, de esta manera, las familias podían ir a depositar allí los desechos que generaban; sin embargo, debido a que estos botes eran de buen tamaño y además, hechos de metal, no tardaron en desaparecer, ya que fueron robados para ser vendidos como

fierro viejo. Otras amas de casa mencionan que al estar disponibles estos botes para toda la población, no faltaba quien tirara la basura en éstos, aún cuando ya estaban llenos, lo que ocasionaba la proliferación de roedores, insectos y la llegada frecuente de animales callejeros como perros y gatos, los cuales destrozaban las bolsas de plásticos puestas en el suelo. Otro problema que se presenta a menudo, de acuerdo al personal de limpia pública, es que las familias tiran todo tipo de desperdicios en los botes pequeños que son colocados en los jardines, y cuyo uso es exclusivo para la basura que se genera en el parque.

En el Palacio Municipal de Texcoco y en la Casa de la Cultura ya se han colocado contenedores donde las pilas pueden ser depositadas. Una vez que las pilas son depositadas en estos contenedores son llevadas por la Dirección General de Ecología a un lugar especial donde son tratadas con la finalidad de separar los químicos que contienen y que de esta manera no contaminen (<http://www.alianzatex.com>).

Ante el problema inminente de la basura en Texcoco, algunas escuelas públicas y privadas ya están concienciando al alumnado mediante la implementación de un sistema de acopio de pet en el que se asigna a cada estudiante una cantidad de botellas de este material que deben de llevar cada mes como parte de una labor social. De la misma forma, a los alumnos con mala conducta se les incrementa la cuota.

Lo anterior refleja la poca cultura que se tiene respecto al manejo de los desechos domiciliarios, así como también la falta de normas y programas indispensables para el manejo sustentable de éstos en el municipio de Texcoco.

## CAPÍTULO IV REVISIÓN DE LITERATURA

Existen varios estudios con respecto al tema de los desechos urbanos, así como también diferentes alternativas utilizadas para reducir la disposición inadecuada de éstos, las cuales son abordadas bajo diferentes enfoques, entre los cuales se encuentran: el uso de instrumentos económicos, programas de manejo integral de residuos sólidos, entre otros. A continuación se presentan algunos de estos estudios realizados a la fecha.

En Cholula, Puebla se estimó la disposición a pagar de los habitantes para mejorar la calidad ambiental con respecto a los residuos sólidos mediante un modelo econométrico de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). El estudio muestra que el ingreso, la edad, y la confianza en el gobierno son las variables determinantes en la DAP. Asimismo, la elasticidad ingreso resultó de 0.13, siendo el medio ambiente un bien normal para la población y no de lujo como se esperaba. La conclusión final del estudio concuerda con la teoría de que cuando un sólo individuo toma una decisión sobre si debe o no utilizar y sobre cuánto utilizar un recurso de propiedad común, está tomando en cuenta los costos y beneficios que repercuten directamente sobre él. Algunas personas podrían, de manera altruista, tener en cuenta las externalidades que causan a otros, pero la mayoría no lo hará (Ibarrarán *et al.*, 2007).

En Stillwater, Oklahoma se utilizó un modelo de elección discreta con valoración contingente para conocer las preferencias de los hogares con respecto al servicio municipal de recolección de desechos. El estudio compara la DAP al implementar el sistema de reciclaje a pie de banqueta

usando el modelo de elección discreta versus el método de valoración contingente. No obstante que ambos modelos muestran que las mujeres están más dispuestas a reciclar que los hombres, difieren en la DAP al implementarse el reciclaje a pie de banqueta. Por otra parte, la DAP es proporcional al ingreso, por lo que el medio ambiente si se considera un bien de lujo en este caso. Así también, los residentes están dispuestos a dejar de recibir un servicio de recolección tradicional a la semana para que se implemente el servicio de reciclaje a pie de banqueta (Boyer T., 2006).

En Puerto Príncipe, Haití, a través de un estimador probit, se determinaron los factores que influyen en la decisión de los hogares de participar en la separación de los residuos sólidos (RS) Los resultados muestran una relación inversa entre el ingreso y la Disposición a pagar (DAP), donde, al igual que en el caso de Cholula, el medio ambiente es un bien normal. Asimismo, las variables educación, conocimiento de algún beneficio por reciclar, el número de personas, las características socio demográficas de los hogares y variable adopción de una política de reciclaje influyeron significativamente en la DAP por lo que se recomienda la importancia de una campaña informativa con respecto a la reducción en la fuente (Fanor , 2006).

A través de un método de valoración contingente referéndum, y mediante un ajuste Logit se evaluó el sistema de gestión de residuos sólidos domiciliarios en la ciudad de Salta, argentina. El estudio muestra que un 52% de los encuestados no está dispuesto a pagar por una mejora en el servicio de recolección. Esto se atribuye principalmente a la falta de conciencia

ambiental. Asimismo, la DAP de quienes contestaron positivamente está relacionada principalmente con el nivel de ingreso y la duda del entrevistado con respecto a las obligaciones del gobierno (Agüero *et al.*, 2005).

Mediante un estudio sobre el manejo de los residuos sólidos en Armenia se determinaron las causas principales del mal manejo de los desechos domiciliarios, las cuales son que no existe un concepto de lo que es un manejo integral de desechos; como resultado, no hay un plan de manejo estratégico por parte del municipio. Existe inconsistencia de la legislación en cuanto a los desechos. Asimismo, no existen datos confiables acerca de la generación, composición y disposición de residuos. Además, no existen los recursos técnicos y financieros que se requieren. Aún cuando existe delegación de funciones, las tareas de las autoridades locales y regionales no se encuentran bien definidas. Las recomendaciones son que es necesario descentralizar el servicio de recolección municipal. Se deben introducir tarifas para la disposición de los desechos. Por otra parte, es necesario desarrollar un marco legislativo en cuanto a los desechos (Arzumanyan, 2004).

En un estudio sobre la lombricultura como una alternativa para el aprovechamiento sustentable de los desechos orgánicos se contempló el barrio de Santiaguito en el Municipio de Texcoco como un modelo a seguir, proyecto en el que participa la comunidad en coordinación con el Colegio de Posgraduados. De acuerdo al estudio, casi la totalidad de los desechos

orgánicos pueden ser transformados en lombricomposta, a excepción de los desechos de comida, debido a que se reproducen roedores (Quintero, 2004).

Mediante de un modelo Logit multinomial se analizaron el efecto de la influencia política, la ideología de las personas, las restricciones ambientales, los costos de producción y de transacción en la elección del sistema comercial de manejo y reciclaje de desechos de 1000 comunidades en Estados Unidos. Los resultados muestran poca evidencia de que la influencia política y los argumentos regulatorios expliquen la elección sobre el tipo de servicio de recolección por parte del gobierno, más bien, el servicio se selecciona en función de los costos (Walls *et al.*, 2003).

Mediante la obtención de estimadores de máxima verosimilitud con la aplicación de un modelo probit ordenado, se examinó el impacto de dos programas de reciclaje: el reciclaje a pie de banqueta y el reciclaje en base al volumen para los cinco materiales: reciclables botellas de vidrio, botellas de plástico, aluminio, papel periódico y desechos de jardín. En el estudio se encontró que el sistema de recolección a pie de banqueta tuvo mejores resultados en el porcentaje de reciclaje con respecto al método basado en la cantidad. Asimismo, el ingreso solo tuvo efecto positivo para el periódico, mientras que las variables que más influyen en la disposición al reciclaje son la educación, número de hijos, el tamaño del hogar y la edad del jefe de familia (Jenkins *et al.*, 2000).

Mediante el uso de modelos probit se determinaron los factores que influyen en el reciclaje en los hogares de Tennessee. Las variables que más influyeron en los modelos de acuerdo a este autor son: tiempo de reciclaje, si los entrevistados tienen amigos que reciclan, edad, nivel de educación, nivel de ingreso, información disponible sobre programas de reciclaje, si se es propietario de la casa o renta, entre otras. Los resultados empíricos indican que los residentes responden positivamente a las limitaciones introducidas por la tecnología de producción de los hogares tales como tiempo (tiene un costo) y espacio de almacenaje; sin embargo, no responden positivamente a las variables que miden los programas para promoción del reciclaje (Jakus *et al.*, 1997).

## **CAPÍTULO V MARCO CONCEPTUAL**

Para adentrarse al tema del reciclaje es necesario entender primeramente algunos conceptos básicos, los cuales se muestran a continuación:

### **5.1 Economía de los recursos naturales**

La Economía de los Recursos Naturales trata de la gestión de los recursos naturales, tanto no renovables como renovables, intentando resolver conflictos entre usos alternativos y con el objeto de alcanzar la pauta óptima de agotamiento, para los primeros, o la sostenibilidad en su uso para los segundos (Labandeira, 2007: 13).

### **5.2 Economía ambiental**

La Economía ambiental estudia los impactos de la economía sobre el medio ambiente, la importancia del medio ambiente para la economía y la manera apropiada de regular la actividad económica con miras a alcanzar un equilibrio entre las metas de conservación ambiental, de crecimiento económico y otras metas sociales, como por ejemplo, el desarrollo económico y la equidad intergeneracional (Mendieta, 2000: 1).

#### **5.2.1 Medio Ambiente**

Complejo de factores físico–naturales, artificiales, sociales, culturales, económicos y estéticos que afectan a los individuos y a las comunidades humanas y determinan su forma, carácter, relaciones y sobrevivencia (Barzev, 2002:11).

### **5.2.1.1 Recurso común.**

El término de recurso común es se utiliza para describir a los recursos naturales que son usados por muchos individuos en común tales como áreas de pesca, cuencas de agua, bosques etc. Estos recursos han sido por largo tiempo sobreexplotados y mal usados por individuos que actúan para obtener el mayor beneficio posible. Las soluciones convencionales implican el control de un gobierno centralizado o su privatización. Hay una tercera forma de resolver este problema: el diseño de instituciones duraderas que estén organizadas y gobernadas por las propias personas que usen esos recursos (Ostrom, 1990: 66).

### **5.2.1.2 Bienes públicos ambientales.**

Los bienes públicos pueden ser puros e impuros. Los primeros satisfacen dos características: a) no exclusión; no es posible o es muy costoso excluir a los agentes del consumo del bien; b) no rivalidad: el consumo de un bien por un individuo no disminuye la cantidad posible para los demás, siendo posible el consumo simultáneo de un mismo bien por agentes distintos. Ejemplos de bienes públicos ambientales son el aire limpio, lagos, mares, la capa de ozono, los ecosistemas, la masa forestal y el clima. Para los bienes públicos impuros es posible excluir a algunos individuos del consumo (bienes del club), o bien dicho consumo implica rivalidad; por ejemplo, el acceso a los espacios naturales o a las playas (Labandeira, 2006: 71).

### **5.2.2 Valoración del medio ambiente**

La valoración del medio ambiente implica poder contar con un indicador de su importancia en el bienestar de la sociedad que permita compararlo con

otros componentes del mismo. Por tanto, lo normal será utilizar para ello un denominador común, que ayude a sopesar unas cosas y otras que, en general, no es otro que el dinero (Azqueta, 1994: 11).

### **5.2.3 Contaminación desde el punto de vista de la economía**

La definición económica de contaminación se basa en la existencia de algún daño físico de los residuos al medio ambiente y de una repercusión en el hombre de ese daño. En términos económicos existe un costo externo o pérdida no compensada en el bienestar, ya sea que se derive por la emisión de gases de efecto invernadero en el aire, o por el vertido de sustancias tóxicas a las fuentes de agua o al subsuelo (Labandeira, 2006: 14).

#### **5.2.3.1 Residuos Sólidos Municipales (RSM).**

Los residuos sólidos municipales (RSM) comprenden los desperdicios que provienen de casas habitación, sitios de servicios privados y públicos, demoliciones, construcciones y de establecimientos comerciales y de servicios; es decir, son productos que han dejado de desempeñar la función para la cual fueron elaborados, los cuales se consideran que ya no sirven o simplemente que ya no son de utilidad, y por tal motivo son desechados o eliminados; empero, estos desechos pueden ser aprovechados si se manejan de una forma adecuada (Santiago, 2007:2) .

#### **5.2.3.2 Basura.**

Es todo objeto físico considerado como desecho y que se necesita eliminar.

La basura es un producto de las actividades humanas al cual se le considera sin valor, repugnante e indeseable por lo cual normalmente se quema o se

coloca en lugares predestinados para la recolección para ser canalizada a tiraderos o vertederos, rellenos sanitarios u otro lugar (Santiago, 2007:2).

#### **5.2.4 Reciclaje**

El reciclaje es el mecanismo más ampliamente considerado para la extensión de la vida de un recurso, aunque éste solo puede aplicarse a los recursos no energéticos, ya que el uso de los materiales energéticos se traduce en su disipación irrecuperable en la atmósfera (Pearce, 1985: 216).

El reciclaje a nivel empresa solo se lleva a cabo cuando: a) su costo sea menor que el del material “virgen”, y b) esta diferencia tienda a persistir a través del tiempo sin exhibir características cíclicas que vuelvan rentable el reciclaje en un momento pero no en otro.

Asimismo, los beneficios del reciclaje deben extenderse para tomar en cuenta a) el valor presente de la extensión de la vida del recurso generada por el reciclaje, b) cualquier reducción de la contaminación debida a la reducción de los residuos enviados directamente al ambiente, y c) la reducción de la demanda de tierra (rellenos sanitarios) para fines de la eliminación, lo que liberará tierras para otros usos sociales.

Desde el punto de vista privado, el problema de la empresa consiste en minimizar el costo total del uso de recursos; es decir, minimizar:

$$C = CT_V(X) + CT_R(X)$$

Donde  $CT_V$  y  $CT_R$  son los costos totales de los recursos vírgenes y reciclados, respectivamente, ambos expresados como una función del

volumen de producción,  $X$ . Esto se logra cuando los dos costos marginales se igualan.

Desde el punto de vista social, el objetivo es la minimización de

$$S = CT_V(X) + CT_R(X) + CET_{P,E}(X) + CET_{P,V}(X) + CET_{P,R}(X) - B_{ERL}(X) - L(X)$$

Donde  $CET_{P,E}$  es el costo externo total asociado a la industria extractiva (estos costos pueden bajar a medida que se reduce la demanda de materiales vírgenes);  $CET_{P,V}$  es el costo externo total de la contaminación derivada del uso de materiales vírgenes;  $CET_{P,R}$  es el costo externo total de la contaminación derivada del proceso de reciclaje (por ejemplo, sustancias blanqueadoras de papel reciclado), y  $\beta_{ERL}$  y  $L$  son los valores presentes de las ganancias obtenidas en la extensión de la vida de los recursos y en la liberación de terrenos, respectivamente, considerando que los costos de la eliminación están incluidos en  $CT_V$  y  $CT_R$ .

Supóngase para simplificar, que  $CET_{P,E}$ ,  $B_{ERL}$  y  $L$  son insignificantes, el problema se reduce a la minimización de:

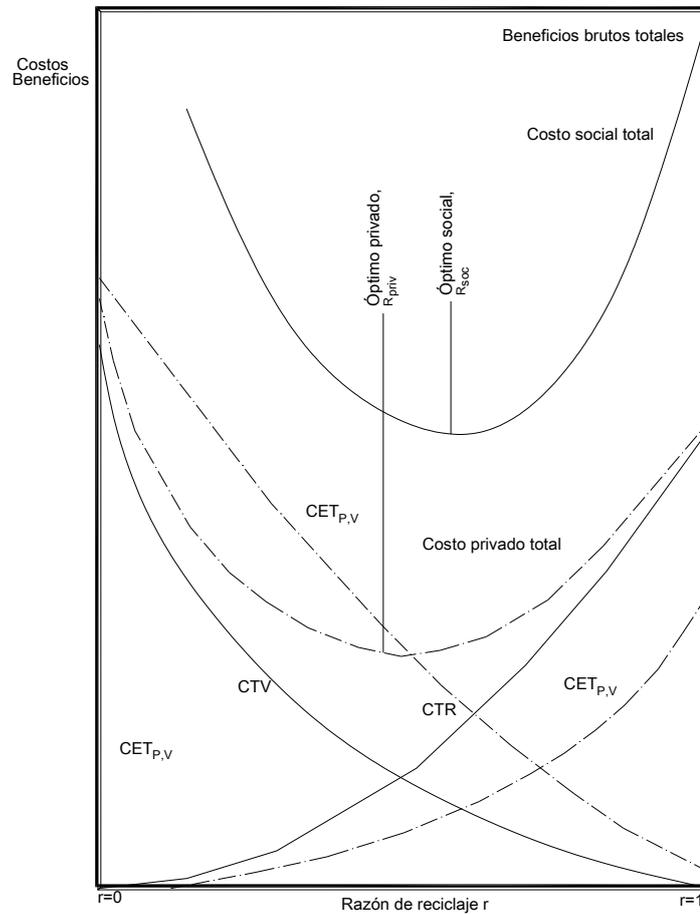
$$CS = CT_V(X) + CT_R(X) + CET_{P,V}(X) + CET_{P,R}(X)$$

La figura 6 muestra este análisis. El eje horizontal mide la razón de reciclaje, de modo que cuando  $r = 1$  está ocurriendo un reciclaje completo, y cuando  $r = 0$  se está alimentando la producción solo con materiales vírgenes.  $CT_R$  aumentará a medida que  $r$  tiende a 1. En cambio,  $CT_V$  debe ser igual a cero cuando  $r = 1$  y positivo cuando  $r = 0$ . Por lo tanto, disminuirá a medida que  $r$

tiende a 1. De igual modo,  $CET_{P,V}$  disminuirá a medida que aumenta el reciclaje, mientras que  $CET_{P,R}$  aumentará. La minimización de los costos sociales totales equivale a la maximización de los beneficios sociales netos. En la gráfica, los beneficios brutos aparecen como una línea recta por que no varían con la razón de reciclaje. Los beneficios sociales netos son entonces la distancia que media entre dicha línea recta y la curva del costo social total ( $= CT_V + CT_R + CET_V + CET_R$ ). Se observará que el óptimo privado,  $r_{PRIV}$ , se encuentra a la izquierda del óptimo social  $r_{SOC}$ , lo que implica que el reciclaje socialmente conveniente es mayor que la cantidad que está dispuesta a realizar la industria privada. Ésta es la justificación de la intervención fiscal mediante el uso de un impuesto que conduzca al óptimo social.

De cualquier manera, se debe advertir que  $r_{SOC}$  se encuentre a la derecha de  $r_{PRIV}$  en la figura 6 solo por efecto de la forma en que se ha trazado el diagrama. Puede concebirse sin dificultad un caso en el que el nivel socialmente deseable del reciclaje se encuentre a la izquierda de  $r_{PRIV}$ , lo que implicará que

**Figura 6. Condición óptima del reciclaje**



Fuente: (Pearce, 1985: 224)

el reciclaje debe reducirse, antes que aumentarse. Esto ocurrirá cuando las tecnologías del reciclaje sean más contaminantes que la eliminación del desecho virgen; a pesar de ello, solo los estudios de casos individuales revelarán la respuesta a cada problema (Pearce, 1985: 218-24).

#### 5.2.4.1 El reciclaje y la reducción del material virgen.

Si se compara la asignación eficiente de un material reciclable con uno no reciclable a través del tiempo, se llega a la conclusión que siempre que un recurso pueda ser reciclado a un costo marginal menor que el del material sustituto, los demandantes utilizarán el material reciclable durante más

tiempo (por ejemplo el vidrio se recicla muchas veces) que el material no reciclable que tiene una curva de igual costo de extracción. A pesar de esta conclusión, muchas veces resulta costosa la recolección, separación y reciclaje de los materiales, por lo que el gobierno debe coadyuvar a que se desarrolle esta actividad.

Una forma de que el gobierno promueva el reciclaje es a través de la imposición de impuestos sobre los materiales vírgenes y subsidiando a la industria del reciclaje. Un ejemplo típico de este sistema es el que se aplicó sobre los desechos de petróleo tanto comerciales como residenciales en Europa, en el que se obligó a los consumidores de este producto a reciclar los desechos debido a los altos costos de importación. Por otro lado, se impuso un impuesto a los lubricantes fabricados con petróleo virgen, los cuales son usados para subsidiar la industria del reciclaje. Como resultado de este programa, muchos países recolectan hasta el 65% de los desechos de petróleo disponibles (Tietenberg, 2006: 195).

### **5.2.5 Eficiencia económica**

El objetivo de la Economía es la eficiencia económica; es decir, asignar recursos escasos entre usos alternativos para obtener el mayor beneficio social posible, entendiéndose el beneficio social como utilidad o bienestar, lo que se conoce como eficiencia asignativa u optimalidad paretiana (Labandeira, 2006: 14).

### **5.2.6 Fallas de mercado**

El mercado es una institución capaz de hacer que las decisiones económicas en la sociedad se tomen de manera coordinada y eficiente. De la misma manera, los precios de mercado racionalizan los recursos entre los individuos de la sociedad, por lo que un sistema de precios brinda verdaderas señales acerca de la escasez de los recursos y obliga a los individuos a dar los mejores usos a los recursos con el objetivo de maximizar su bienestar económico. Aún teniendo en cuenta esto, los mercados pueden fallar si los precios no comunican los deseos y las restricciones que enfrenta la sociedad con respecto al uso de estos recursos, principalmente en el caso de los activos ambientales; es decir, los precios pueden subestimar el rango completo de servicios que provee el activo ambiental, o simplemente puede fracasar en enviar señales correctas (Mendieta, 2000:103).

Por lo tanto, una falla de mercado ocurre cuando los sistemas de precios vigentes o la carencia de éstos hacen que los recursos se asignen a usos ineficientes; o lo que es lo mismo, ocurre una violación del principio de Optimalidad de Pareto (Ídem).

Las fallas de mercado son comunes para el caso de bienes con características de bien público como por ejemplo todos los activos ambientales. En este caso sería necesaria una reasignación del recurso hasta un nivel en que por lo menos una persona en la sociedad mejore y ninguna empeore. Un ejemplo de fallas de mercado puede ser el caso de la destrucción de hábitat o ecosistemas únicos o la afectación de zonas o

regiones con un alto grado de biodiversidad o en este caso, la contaminación del medio ambiente con residuos sólidos (Ídem).

### **5.2.7 Óptimo de Pareto**

Una asignación eficiente será un punto Óptimo de Pareto si al alcanzar un nivel máximo de bienestar económico, la sociedad ha agotado las ganancias derivadas del intercambio. En términos de evaluación de políticas públicas, este punto es llamado “primer mejor”. Para que se pueda alcanzar la condición de Óptimo de Pareto es muy importante la existencia de mercados competitivos, aunque éstos, llamados también mercados completos, en algunas ocasiones son incapaces de generar asignaciones eficientes de algunos bienes y/o servicios (Mendieta, 2000:1).

### **5.2.8 Las externalidades**

Las externalidades ambientales se definen como las interacciones que surgen entre consumidores y/o productores en el uso de los bienes que proporciona el medio ambiente; o de otra forma, las relaciones entre productores y/consumidores que no pasan por el mercado. Formalmente, se dice que existen externalidades cuando las funciones de producción y/o de utilidad de los agentes económicos dependen de las decisiones tomadas por otros agentes sin que exista contraprestación económica (Labandeira, 2007: 70).

Los efectos de una externalidad pueden ser positivos o negativos. Por otra parte, los términos deseconomías externas y economías externas han sido

usados para referirse a circunstancias en las cuales la parte afectada es dañada o beneficiada por la externalidad. Existe otra clase de externalidad conocida como externalidad pecuniaria. Este tipo de externalidad aparece cuando el efecto externo es transmitido a través de alteraciones de precios. Por ejemplo, cuando una empresa se traslada a una nueva área e incrementa el precio de renta de la tierra, causando una deseconomía externa (Tietenberg, 2006: 68).

### **5.3 Herramientas microeconómicas**

#### **5.3.1 Precio**

El precio es la cantidad de dinero que un comprador da a un vendedor a cambio de un bien o un servicio. El precio se determina en el mercado en el proceso de interacción entre la oferta y la demanda. El precio puede sobrestimar o subestimar el verdadero valor económico de un bien o servicio (Barzev, 2002:11).

#### **5.3.2 El concepto de valor**

La teoría del valor del trabajo es un elemento fundamental del análisis marxista, distinguiendo entre valor de uso y valor de cambio. El valor de uso se deriva de las calidades y materiales de los bienes. El trabajo es el origen de este valor, pero puede dar lugar a diferentes valores dependiendo de los recursos naturales incorporados. El valor de cambio se define por la cantidad de trabajo incorporado en los bienes a partir de la producción, y puede medirse por el tiempo de trabajo invertido, ponderado por la destreza y habilidades del trabajador. Esta es la contribución teórica más relevante de

Marx susceptible de ser aplicada al análisis de los problemas ambientales; y es justamente el carácter dual del trabajo; o sea, que tiene un valor de uso (capacidad para producir) y un valor de cambio (salario). Los capitalistas extraen un excedente en el proceso de producción a partir de la diferencia entre estos dos valores. Con los recursos naturales, el costo de reproducción excede el costo de extracción, con lo que se desvirtúan los beneficios reales del uso de los recursos, creando un excedente ficticio (Labandeira, 2007: 8).

La Economía del bienestar asocia el valor al concepto del excedente del consumidor; o más bien, a los beneficios netos que los individuos, y, por extensión la sociedad, obtiene del consumo de un bien o servicio, tengan o no reflejo en los precios de mercado. El valor es por lo tanto un reflejo del cambio en el bienestar o la utilidad y, como tal, va a tener como referencia para su estimación la curva de demanda real o implícita del bien ambiental (Labandeira, 2006: 15).

### **5.3.3 Teoría de la utilidad y de la preferencia**

Los cambios concretos en la calidad del ambiente o los recursos naturales generan cambios en el bienestar de los individuos o consumidores.

El consumidor desconoce el valor de su utilidad, y únicamente identifica si se siente mejor o peor después del cambio ocurrido en ésta; por tanto, sabe cual nivel de utilidad es superior y cual inferior, producto del deterioro o mejora en la calidad ambiental, aunque no sepa el valor de cada uno de estos niveles de utilidad. Existen distintas interpretaciones de la utilidad (Barzev, 2002:24).

### 5.3.3.1 Utilidad Cardinal.

Se creía que los consumidores podían medir su utilidad en números cardinales 1, 2, 3, etc. (Unidad de medida = útiles).

### 5.3.3.2 Utilidad Ordinal.

La utilidad ordinal deriva su nombre de los números ordinales que expresan un orden jerárquico: primero, segundo y tercero; por lo tanto, su uso requiere que los consumidores sean capaces de ordenar jerárquicamente sus preferencias, en vez de atribuir a los bienes unidades cuantificables de satisfacción. Es la teoría acerca de la conducta del consumidor. Además, requiere menos información y arroja resultados similares a los de utilidad cardinal (Ídem).

### 5.3.3.3 Utilidad Marginal.

Supóngase que un consumidor racional debe decidir gastar su ingreso disponible entre  $n$  bienes con algún criterio de optimización. La escuela neoclásica postula la existencia de una función escalar  $U$  para cada consumidor definida sobre el conjunto de combinaciones de  $n$  bienes que mide la utilidad o satisfacción total  $U(c)$  que obtendrá el consumidor después de haber consumido una combinación de bienes dada por las cantidades  $(q_1, \dots, q_n)$ :

$$U : R^n \rightarrow R \quad U^{(c)} = U(q_1, \dots, q_n)$$

En esas condiciones se define la utilidad marginal asociada al bien  $i$  como el aumento de la utilidad total al consumir una unidad adicional de ese bien  $i$ . Si se admite que el bien  $i$  puede ser infinitamente divisible, la utilidad marginal  $u$  viene dada por:

$$u = \frac{\partial U(q_1, \dots, q_n)}{\partial q_i}$$

La función de utilidad no es directamente medible y es subjetiva, es decir, depende de los gustos y preferencias de cada consumidor. Así diferentes consumidores obtendrán satisfacciones o utilidades diferentes de la misma combinación de bienes, según sea esta combinación más o menos acorde a sus gustos y deseos (Ídem).

#### **5.3.3.4 Utilidad Total (UT).**

Útiles totales acumulados por el consumo.

$$UT = \sum_{i=1}^n \text{Utilidades marginales}$$

Los conceptos de utilidad marginal y ordinal son los que mejor se ajustan al análisis de la calidad ambiental. Se trata de analizar como varía la utilidad por el incremento o la reducción de la calidad ambiental (o consumo de un bien) en una unidad (utilidad marginal) y la percepción del consumidor del cambio en el nivel de utilidad cuando se da un cambio en la calidad ambiental (utilidad ordinal).

Siendo que la utilidad total es la agregación de las utilidades marginales, se puede relacionar con la utilidad marginal (Ídem).

#### **5.3.3.5 Maximización de la utilidad por parte del consumidor.**

Para maximizar la utilidad, dada una cantidad fija de dinero para gastar, una persona compra las cantidades de bienes y servicios que agoten su ingreso

total; y para las que la relación psíquica de intercambio de dos bienes cualesquiera –la Tasa Marginal de Sustitución TMS– sea igual a la relación a la que pueden intercambiarse éstos en el mercado; es decir, el número de unidades de Y que el consumidor está dispuesto a ceder para obtener una unidad de X y quedar sobre la misma Curva de Indiferencia:

$$TMS = \Delta Y / \Delta X$$

Por tanto, el problema del consumidor consiste en:

$$\begin{aligned} &\text{Max } U(X, Z, Q) \\ &\text{s.a. } I = M - C = XP + Z \end{aligned}$$

**Donde:**

**X** Bien ambiental analizado

**Z** Bien Hicksiano (agrupa todos los demás bienes)

**Q** Vector de Bienes y Servicios Ambientales (calidad ambiental)

**I** Ingreso Disponible

**M** Ingreso Total

**C** Impuesto Fijo (provisión de bienes públicos)

**P** Precios (Ídem).

### 5.3.3.6 La función de utilidad indirecta.

La función de utilidad indirecta se obtiene de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} &\text{Max } U = XY \\ &\text{s.a. } I = XP_x + YP_y \end{aligned}$$

Formulando el Multiplicador de Lagrange:

$$L = XY + \lambda(I - XP_x - Y P_y)$$

### 5.3.3.7 La función de gasto.

$$\begin{aligned} &\text{Min } E = XP_x + YP_y \\ &\text{s.a. } U = XY \end{aligned}$$

Donde E: gasto total

Formulando el Multiplicador de Lagrange se tiene:

$$L = XP_x - YP_y + \lambda(U - XY) \text{ (Barzev, 2002:30).}$$

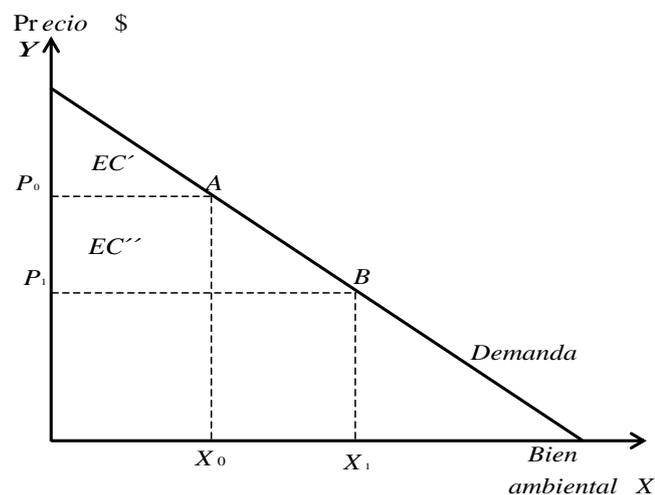
### 5.3.4 Las medidas de cambio en el bienestar

El aumento en el bienestar que experimenta una persona ante un cambio en la calidad ambiental es una medida subjetiva. En la microeconomía se contemplan al menos cinco medidas del bienestar (Azqueta, 1994: 28).

#### 5.3.4.1 El excedente del consumidor.

El excedente del consumidor es el área que queda entre la curva de demanda de una persona por un bien cualquiera (su disposición a pagar por él), y la línea del precio del mismo. Es también la diferencia, en términos intuitivos, entre lo que la persona estaría dispuesta a pagar por cada cantidad consumida de un bien, como máximo, y lo que realmente paga.

**Figura 7. Excedente del consumidor**



Fuente: (Barzev, 2002:33).

En la figura 7 el excedente del consumidor es el área del triángulo  $AP_0D$ , y ante una disminución del precio del bien X ( $P_0$  a  $P_1$ ) queda definido por el área  $ABP_1P_0$  (Barzev, 2002: 24).

La expresión matemática del Excedente del Consumidor es la siguiente:

$$EC = \int X(P, I) DP$$

El problema de utilizar las variaciones en el excedente del consumidor como medida de cambios en el bienestar estriba en que al no haberse neutralizado el efecto renta que también produce una caída del precio, la utilidad marginal de la renta cambia al variar ésta, y por tanto, se modifican, asimismo, las utilidades marginales de todos los bienes consumidos (Azqueta, 1994: 35).

#### **5.3.4.2 La variación compensada (VC).**

La variación compensada está determinada por la cantidad de dinero que, ante el cambio producido, la persona tendría que pagar (o recibir), para que su nivel de bienestar permaneciera inalterable. Pueden presentarse dos casos:

Cantidad máxima que el individuo está dispuesto a pagar DAP por un cambio favorable (El Consumidor no tiene el derecho).

Cantidad mínima que el individuo está dispuesto a aceptar DAA por un cambio desfavorable (El Consumidor tiene el derecho).

$$VC = E(P, Q_0, U_0) - E(P, Q_1, U_0) = \int_{Q_1}^{Q_0} \frac{\partial E}{\partial Q_i}(P, Q, U_0) dQ_i$$

Donde,

**Q0:** es la calidad ambiental antes de cambios negativos.

**Q1:** es la calidad ambiental después de cambios.

**(Q1<Q0):** la calidad ambiental inicial es la mejor, trae mayor nivel de bienestar para el consumidor.

**E(P,Q0,U1):** es la función de gasto cuando se evita la desmejora.

**E(P,Q1,U1):** es la función de gasto con una desmejora en la calidad ambiental (Barzev, 2002: 36).

#### **5.3.4.3 Variación equivalente.**

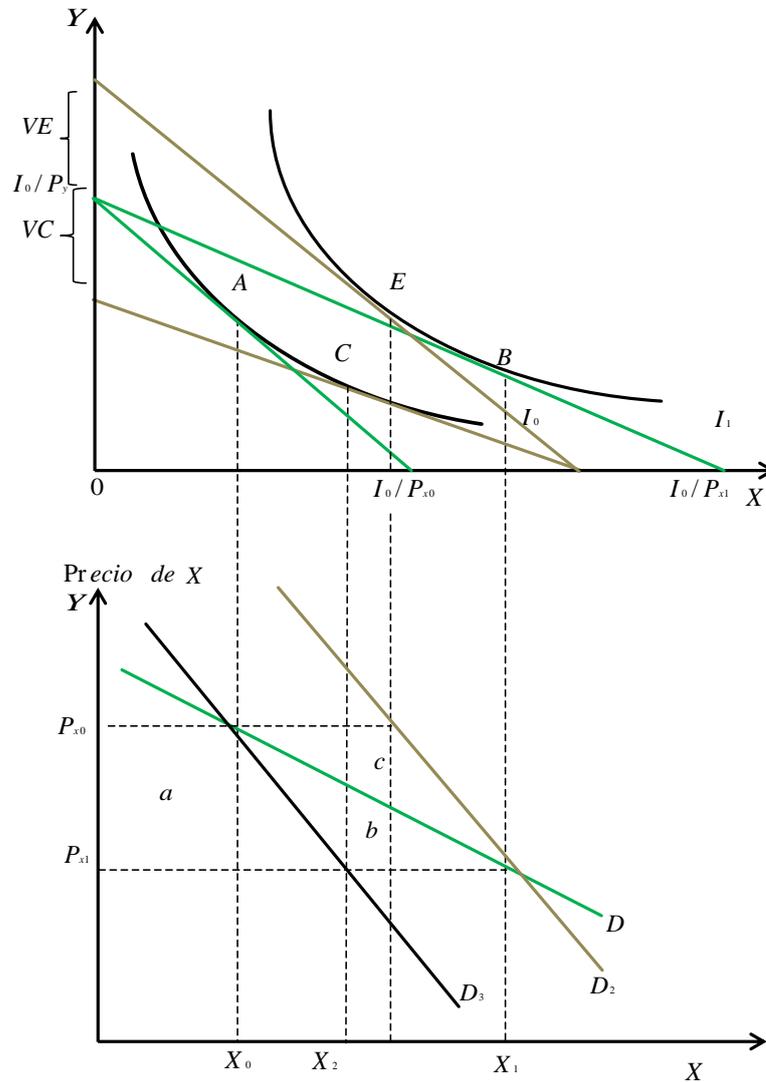
La VE es la cantidad de dinero que se le entregará al consumidor si el cambio no se da, pero que lo hará pasar a un nuevo nivel de bienestar, como si el cambio se hubiera dado:

i) Cantidad máxima que el individuo está dispuesto a pagar DAP por evitar un cambio desfavorable. (El consumidor no tiene el derecho).

ii) Cantidad mínima que el individuo está dispuesto a aceptar DAA por renunciar a un cambio favorable. (El consumidor tiene el derecho) (Barzev, 2002: 24).

$$VE = E(P, Q_0, U_1) - E(P, Q_1, U_1) = \int_{Q_1}^{Q_0} \frac{\partial E}{\partial Q_i}(P, Q, U_0) dQ_i$$

**Figura 8. Variación compensada y variación equivalente**



Fuente: (Barzev, 2002:37).

En la figura 8 se señala la variación compensada como VC y la variación equivalente como VE. D es la demanda Marshall,  $D_1$  y  $D_2$  son las Demandas Hicksianas.

Área bajo la Curva Hicksiana  $D_2$  (a+b+c): Variación Equivalente

Área bajo la Curva Marshalliana D (a+b): Excedente del Consumidor

Área bajo la Curva Hicksiana  $D_1$  (a): Variación Compensada

En el caso de una caída en el precio, o una mejora en las condiciones de la oferta (mejoras en la calidad ambiental) del bien considerado:  $VC < EC < VE$ .

Ante una subida del precio, o un deterioro en las condiciones de la oferta (calidad ambiental), la situación se invierte:  $VC > EC > VE$  (Barzev, 2002:37).

#### **5.3.4.4 El excedente compensatorio (EC).**

Esta medida de bienestar es una adaptación del concepto de la variación compensatoria. Es la cantidad de dinero que, restada de la renta de la persona en la nueva situación, si se trata de una mejora, lo devuelve a su nivel de bienestar original (Azqueta 1994: 33).

#### **5.3.4.5 El excedente equivalente (EE).**

En este caso, el análisis se efectúa tomando como punto de referencia el nuevo nivel de bienestar alcanzado tras el cambio, y manteniendo el supuesto de que la persona no puede ajustar su nivel de consumo.

El excedente equivalente es la cantidad de dinero que se tiene que dar a una persona para que su bienestar mejore en la misma medida que el cambio en la oferta de un bien ambiental (Azqueta 1994: 34).

#### **5.3.5 Tragedia de los comunes**

En 1968 Garret Hardin publicó en la revista llamada Science un artículo llamado La tragedia de los comunes. En este artículo Garret analiza cómo los individuos, en busca de maximizar sus ganancias, aumentan el grado de uso de los recursos comunes. Se elige esta última opción porque el costo del

uso individual se repartirá automáticamente entre todos los usuarios, y el beneficio particular será mayor que el costo individual. Por lo general también se piensa que el ambiente puede absorber dicha pérdida (Resiliencia); es decir, se cree que el ecosistema tiene la capacidad de resistencia o de recuperación. Debido a que todos los individuos se comportan de esta manera el efecto total es insostenible. Ejemplos de estos bienes comunes son: los pastos para ganado, los lagos, los bancos de pesca, las aguas subterráneas, las vías públicas y el medio ambiente en general (Ostrom, 1990: 2-3).

El problema de la contaminación puede ser analizada de acuerdo al planteamiento anterior. Aquí el asunto no es la sobre explotación de los recursos comunes, sino de enviar al medio ambiente desechos químicos, radioactivos o térmicos en el agua; gases nocivos o peligrosos en el aire; residuos sólidos, etc.

De esta formulación de asignación de libre acceso se puede observar lo siguiente:

- 1) En presencia de una fuerte demanda, el acceso no restringido provocará la sobre explotación de los recursos, o en este caso, la contaminación excesiva de éstos.
- 2) La poca renta se pierde, ya que nadie se apropia de ella.

El hombre razonable encuentra que su parte de los costos de los

desperdicios que descarga en los recursos comunes es mucho menor que el costo de tratar sus desperdicios antes de deshacerse de ellos. Ya que esto es cierto para todos, estamos atrapados en un sistema de ensuciar nuestro propio nido, y así seguirá mientras actuemos únicamente como libres empresarios, independientes y racionales (Melgar, 2006: 16).

### **5.3.6 Impuestos correctivos**

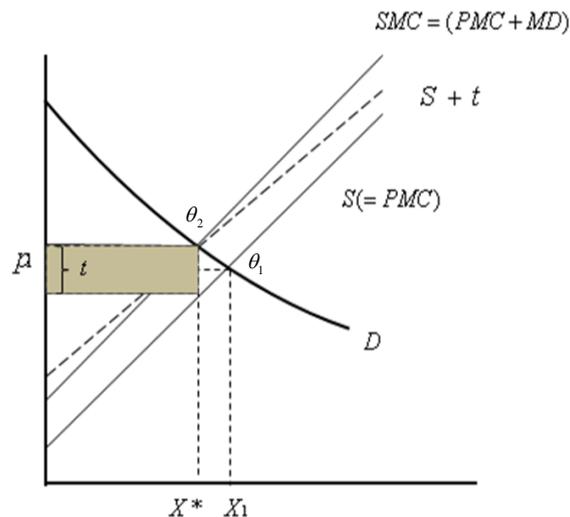
Mediante el planteamiento de Pigou se busca solucionar los problemas de las externalidades a través de la imposición de un impuesto. Por ejemplo, supóngase que en una empresa se produce acero de forma ineficiente y en grandes volúmenes debido a que los precios de la materia prima, de forma incorrecta, reflejan los costos sociales. Específicamente, dado que los precios de la materia prima son demasiado bajos, los precios del acero también lo serán. Una solución natural, sugerida por el economista británico A.C. Pigou, es mediante la imposición de un impuesto sobre cada unidad de contaminante de la empresa en una cantidad justamente igual al daño marginal que conduzca al nivel eficiente de salida. En la figura 9 el daño marginal provocado al nivel de eficiencia de salida X es la distancia t. De acuerdo a lo anterior, el tamaño del impuesto Pigouviano es igual a t.

¿Cómo reaccionarán los productores cuando se impone un impuesto de t dólares por tonelada de acero? Los impuestos aumentarán sus costos marginales efectivos. Por cada tonelada producida, las empresas de acero tienen que pagarles tanto a los proveedores de materia prima (medida por la distancia S) como al gobierno que es quien impone el impuesto (medida por

t). Geométricamente, su nuevo programa de costo marginal se encuentra al añadir  $t$  a  $S$  en cada nivel de salida. Esto se logra al mover  $S$  una distancia vertical hacia arriba igual a  $t$  (Katz y Rosen, 1994: 624).

El análisis de la imposición de un impuesto en un mercado competitivo indica que el nuevo equilibrio  $\theta_2$  estará en el punto de la intersección de la curva de oferta efectiva ( $S+t$ ) y la curva de demanda  $D$ . El nivel de salida resultante eficiente es el punto  $X^*$ . En efecto, un impuesto Pigouviano obliga a los productores de acero a tomar en cuenta el costo de la externalidad que ellos generan, induciéndolos a producir de una manera eficiente (Ídem).

**Figura 9. Corrección de la contaminación mediante la aplicación de impuestos.**



Fuente: (Katz y Rosen, 1994: 625)

Un impuesto pigouviano es un impuesto aplicado por unidad en una cantidad igual al daño marginal en un nivel de eficiencia de la salida de desechos. En este caso, el impuesto Pigouviano de  $t$  desplaza la curva de oferta efectiva de  $S$  a  $S + t$ , de modo que la cantidad de equilibrio es ahora  $x^*$ . Este impuesto genera ingresos iguales al área sombreada.

Esta teoría ha sido criticada, dado que no siempre es tan sencillo resolver un problema de externalidad mediante impuestos. Por ejemplo, en el caso de dos productores. El primero riega sus cultivos mediante el sistema de riego por inundación con aguas negras, contaminando las tierras del vecino a tal grado que daña sus cultivos de hortalizas. ¿El primer productor tiene el derecho a contaminar? ¿o alguien más tiene los derechos?.

### **5.3.7 Los derechos de propiedad y el teorema de Coase**

En un artículo clásico publicado en 1960, Ronald Coase puntualizó que si los derechos de propiedad estuvieran bien definidos; es decir, si no existieran los recursos comunes, y además, si no existen costos de transacción, los emisores y receptores de contaminación negociarían y se desplazarían a la posición eficiente aún con externalidades. Así también, sin importar qué productor posea los derechos de propiedad, la eficiencia ocurrirá a través de la negociación. Este teorema también se puede expresar en términos de los derechos a contaminar. Esto se puede lograr a través de la expedición de permisos a contaminar por parte del gobierno, los cuales pueden ser transferibles y negociables. Al controlar la cantidad de permisos emitidos, el gobierno reduce la contaminación total (Tietenberg, 2006: 82).

#### **5.3.7.1 Limitaciones del teorema de Coase.**

De acuerdo al teorema de Coase, una vez que se han asignado los derechos de propiedad, no es necesaria la intervención del gobierno. Asimismo, las empresas pueden negociar el control de la contaminación, lo que se conoce como medio ambientalismo de mercado libre. Empero, el uso

de mecanismos de mercado para resolver los problemas ambientales tiene las siguientes limitaciones:

**a) Efecto del viajero gratis**

El teorema supone que no existen costos de transacción. Aunado a lo anterior, en la mayoría de los casos se presentan más de dos partes para una negociación, y no solo una como se menciona en los ejemplos del artículo de Coase, lo que dificulta en llegar a un acuerdo común. Igualmente, ninguna comunidad estará dispuesta a pagar la cuota impuesta por la compañía que tenga el derecho a contaminar.

**b) Efecto consenso.** Se refiere al hecho de que en caso de que varias comunidades tengan el derecho a estar libre de contaminación, será difícil establecer una compensación que parezca razonable a todas las comunidades. Adicionalmente, cada una de ellas tiene el mismo poder de decisión para aceptar o rechazar el acuerdo que tomen las otras.

**c) Elección pública vs elección privada.**

El teorema de Coase no se puede aplicar en problemas donde son afectadas muchas partes. Dichos casos requieren regulaciones como los impuestos pigouvianos, o cualquier otra forma de intervención del gobierno (Tietenberg, 2006: 83).

El problema de la degradación del medio ambiente está estrechamente relacionado con las fallas de mercado; un mecanismo de asignación en el

que el medio ambiente, y muchos recursos naturales en particular, carecen de mercado. Un sistema que opera con una información incorrecta sobre su valor: que funciona como si careciese de él (como si su precio fuese cero). Por tanto, es necesario encontrar precisamente ese valor, desde una perspectiva económica. Para integrar esa información en un proceso de toma de decisiones que le afectan, de forma que cuando se utilice el medio ambiente, por ejemplo, se conozca (y se pague) el costo que ello representa (Azqueta, 1994: 7).

La asignación de los derechos de propiedad, tal como lo menciona Coase, no es la causa principal de la falta de un mercado por las siguientes razones:

- 1) Una matización necesaria sobre el tipo de régimen de propiedad que causa el problema: no es la propiedad común del recurso el origen de las dificultades, sino más bien un determinado tipo de propiedad común de los recursos naturales globales (de libre acceso por cualquiera), en contraposición a recursos comunes locales (y por tanto gestionados por un colectivo de personas definido, para su propio interés: lo que en ocasiones se conoce como bienes del club).
- 2) El valor social de un bosque por ejemplo, es distinto a su valor privado, lo que impide su utilización y gestión óptima. Por lo tanto, la privatización no es garantía de una mejor gestión.

- 3) Como ya se mencionó anteriormente, el teorema de Coase tiene sus limitaciones, ya que sus principios son difíciles de encontrar en la práctica.

No es de esperarse que la institucionalización de unos derechos de propiedad sobre el medio ambiente y la consiguiente creación de un mercado en el que se pueda intercambiar sus servicios resuelvan el problema. De aquí surge la necesidad de valorar estos servicios, para poder actuar en consecuencia (Azqueta, 1994: 11).

#### **5.4 Valoración económica**

El valor económico de un bien se mide por la suma de la disposición a pagar de los individuos. Esta disposición a pagar refleja las preferencias individuales por el bien en cuestión. Incluso, la evaluación económica dentro del contexto ambiental se refiere a medir las preferencias de las personas por un bien ambiental, o en contra del daño ambiental. Las valoraciones que resulten estarán expresadas en términos monetarios debido a la forma en que se busca obtener la preferencia; esto es preguntando quien está dispuesto a pagar, o haciendo referencia a la disposición a pagar mediante otro medio. Aún así, únicamente midiendo las preferencias en términos monetarios es posible hacer una comparación entre valor ambiental y valor de desarrollo, ya que este último es medido en términos monetarios (Ídem).

### **5.4.1 Valoración económica total**

El valor económico total (VET) de un recurso está compuesto por su (i) valor de uso (VU) y (ii) su valor de no uso (VNU). Los valores de uso pueden dividirse a la vez en: valor de uso directo (VUD), valor de uso indirecto (VUI) y en valor de opción (VO) (valor de uso potencial). Es necesario tener cuidado de no cuantificar doblemente tanto el valor de las funciones indirectas como el valor que resulta del uso directo. Una categoría importante del valor de no uso es el valor de existencia (VE). Dado lo anterior, se puede escribir el VET de la siguiente forma:

$$\text{VET} = \text{VU} + \text{VNU}$$

$$\text{VET} = [\text{VUD} + \text{VUI} + \text{VO} + \text{VE}] + \text{VNU} \text{ (Munasinghe, 1997:21)}$$

#### **5.4.1.1 Valor de uso directo.**

Está determinado por la contribución que un recurso ambiental hace a la producción actual o al consumo.

#### **5.4.1.2 Valor de uso indirecto.**

Incluye los beneficios derivados de los servicios funcionales que el medio ambiente proporciona tanto a la producción actual como al consumo (ejemplo: funciones ecológicas como filtración natural de agua contaminada o el reciclaje de nutrientes).

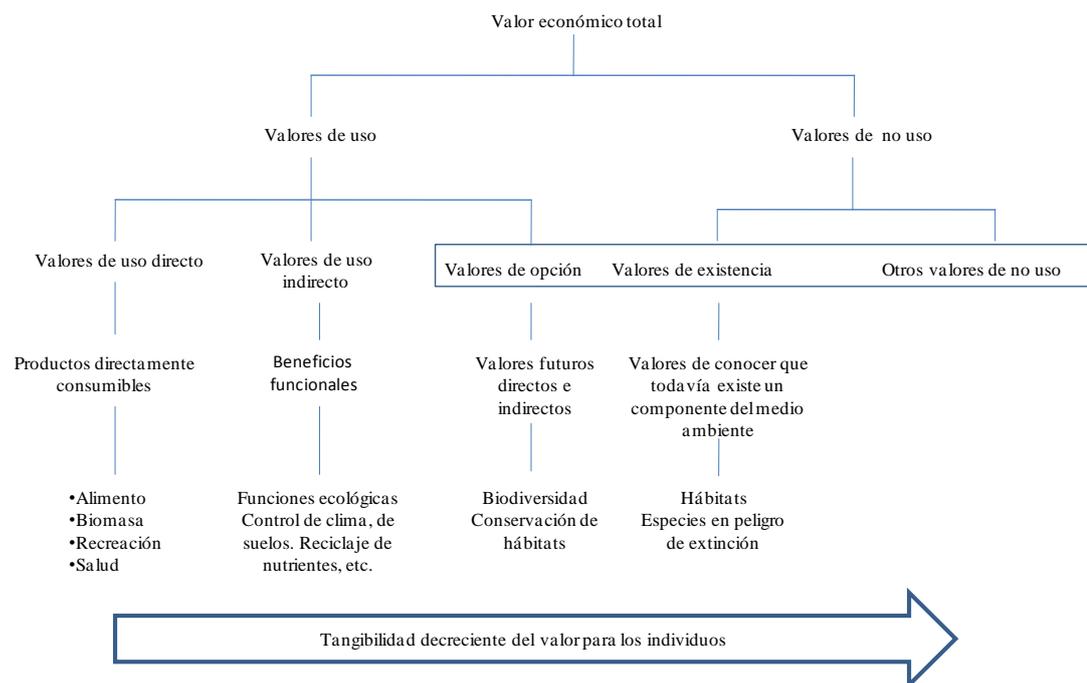
#### **5.4.1.3 Valor de opción.**

Es prácticamente el pago que los consumidores están dispuestos a efectuar por un recurso que no se utiliza, simplemente para evitar el riesgo de no tenerlo disponible en el futuro.

#### 5.4.1.4 Valor de existencia.

Este valor se deriva simplemente de la satisfacción de saber que continúa la vida del ecosistema, a pesar de que se le de un uso o no por parte del individuo o de otros, ya sea en la actualidad o en el futuro (Ídem).

**Figura 10. Categorías de los atributos de los valores económicos para los recursos ambientales.**



Fuente: (Munasinghe, 1997:22)

#### 5.4.2 Métodos de valoración económica

La valoración económica se puede realizar mediante tres métodos, dependiendo del tipo de datos que se prefiera usar: poder de precio de mercado (y la elaboración de la función de producción); métodos de preferencia revelada (método de los precios hedónicos, método de costo del viajero y modelos de utilidad aleatoria); y métodos de preferencia declarada (Valoración contingente y modelos de elección) (Eftec, 2006: 19).

#### **5.4.2.1 Poder de precio de mercado.**

Este método considera el costo que surge con relación al aprovisionamiento de los bienes y servicios ambientales, los cuales pueden observarse directamente en los mercados actuales. Estos costos pueden convertirse en costos de oportunidad o en costos de provisión alternativa así como también en costos de mitigación o en costos de comportamiento anticipado y en costos de proyecto sombra. El poder de precio de mercado solo puede usarse en bienes y servicios ambientales que son comercializables, o que tienen sustitutos cercanos (Ídem).

#### **5.4.2.2 Función de producción.**

La función de producción se enfoca en la relación (indirecta) que puede existir entre un servicio particular de un ecosistema y la producción de un bien comercializable. En esta función, los servicios y bienes ambientales son considerados como entradas del proceso de producción y su valor es deducido al considerar los cambios en el proceso de producción del mercado de bienes que resulta a su vez de un cambio ambiental (Eftec, 2006: 20).

#### **5.4.2.3 Método de los precios hedónicos.**

Este método se basa en la noción de que el precio al que se vende una propiedad está determinado, en parte, por las características ambientales que la rodean. El valor económico de las características ambientales se estima mediante una regresión del precio de venta contra los factores que se cree que alteran a dicho precio (Eftec, 2006: 21).

#### **5.4.2.4 Método de costo del viajero.**

El método de costo del viajero es una técnica basada en encuestas que utiliza el costo en que incurren los individuos que viajan para ir a un sitio recreativo, obteniendo como compensación el valor recreativo del sitio. Los costos que se consideran son los gastos de viaje, cuotas de entradas, y el valor del tiempo (Eftec, 2006: 21-22).

#### **5.4.2.5 Modelo de utilidad aleatoria.**

Este modelo es una extensión del método de costo del viajero; no obstante, se usa para probar el efecto al cambiar la calidad o cantidad de las características ambientales en un sitio particular. El modelo de utilidad aleatoria, en vez de estimar la demanda total de los viajes recreacionales, se enfoca en la elección individual que los visitantes hacen al decidir que sitio visitar. Asimismo, es útil para estimar el valor de bienes y servicios ambientales asociados con recursos recreativos de libre accesos tales como parques nacionales, esteros, bosques, ríos, lagos y costas (Ídem).

#### **5.4.2.6 Modelos de elección.**

Los modelos de elección se basan en la noción de que los bienes y servicios pueden describirse en términos de sus características (o atributos), y los niveles que dichas características toman. Por ejemplo, un lago puede describirse en términos de calidad ecológica, calidad química del agua, por el número y tipo de especies que el hábitat provee, etc. El cuestionario de estos modelos presenta a los encuestados una serie de combinaciones de estos atributos, de las cuales deben escoger la combinación preferida o que

enlisten las preferencias en orden. Como cada combinación tiene un precio, el análisis subsecuente de las elecciones de los encuestados revelan su disposición a pagar o disposición a aceptar para cada una de las características (o atributos) que se les presenta (Eftec, 2006: 23-24).

#### **5.4.2.7 El método de valoración contingente.**

El método de valoración contingente intenta averiguar la valoración que otorgan las personas a los cambios en el bienestar que les produce la modificación en las condiciones de oferta de un bien ambiental a través de la pregunta directa. El hecho de que la valoración finalmente obtenida dependa de la opinión expresada por la persona, a partir de la información obtenida, es lo que explica el nombre que se da a este método (Azqueta, 1994: 158)

El método de la valoración contingente constituye un caso particular dentro de los procedimientos de construcción de mercados. Dicha construcción puede ser real o hipotética. Aunado a lo anterior, este método intenta medir en pesos los cambios en el nivel de bienestar de las personas debido a un incremento o disminución de la cantidad o calidad de un bien. Esta medida, en unidades monetarias, suele expresarse en términos de la cantidad máxima que una persona pagaría por un bien. Es decir, lo que se suele conocer por la expresión disposición o disponibilidad a pagar o al pago. En el caso de bienes que no implican un costo monetario directo para el consumidor, esta disposición a pagar por el bien equivale al beneficio que tal consumidor obtiene (Riera, 1994: 15).

La tarea más esencial del método de valoración contingente (CVM por sus siglas en inglés) radica en el procedimiento de diseño de cuestionarios y encuestas. El segundo elemento de la interrogante del MV C es el método o medio para pagar por un servicio que relaciona el pago con éste, de tal modo que sin pago no hay servicio. Los métodos pueden ser pagos a través de impuestos por un bien o pagos por la utilidad que brinda dicho bien.

Un último elemento del MVC consiste en el método para hacer las preguntas. En esta parte, se confronta al encuestado con una cantidad monetaria dada a través de un cuestionario, y de una forma u otra se le induce a una respuesta. Las preguntas a realizar pueden ser simples y abiertas o dicotómicas (Haab y McConnell, 2002: 17).

Existen tres posibilidades de entrevistas:

- a) Entrevista personal. Se utilizan cuando la naturaleza del bien o el escenario de valoración son más complejos. Así también, permiten resolver dudas que puedan aparecer en el cuestionario o en la mente de la persona entrevistada y, al mismo tiempo, permite utilizar material gráfico que ayude a comprender el bien y la simulación del mercado que se pretende.
- b) Entrevistas telefónicas. Se utilizan en la misma situación que las personales. Éstas permiten resolver dudas que puedan aparecer en el cuestionario o en la mente de la persona entrevistada.

c) Entrevistas por correo. Éstas presentan el inconveniente de que no permiten aclarar dudas ni utilizar material gráfico como en las personales. Adicionalmente, no se pueden aplicar en situaciones muy complejas. Por otro lado, suelen presentar el inconveniente del relativamente bajo porcentaje de cuestionarios retornados, lo que obliga a trabajar con muestras bastante mayores, a pesar de ello, son las más económicas (Riera, 1994: 31).

Las entrevistas y los cuestionarios son los instrumentos para averiguar cómo valora la persona el cambio en el bienestar. Éstos suelen venir estructurados en tres bloques bien diferenciados:

Un primer bloque contiene la información relevante sobre el bien, o el problema objeto de estudio, de modo que el encuestado tenga una información suficientemente precisa como para identificar correctamente el problema de que se trata.

Un segundo bloque describe la modificación objeto de estudio. Es decir: el nivel de partida en cuanto a la calidad del bien ambiental; la modificación propuesta; lo que ello supone para la persona (las funciones dosis-respuesta ya mencionadas); y el mecanismo de financiación de la medida objeto de estudio (el vehículo de pago).

Descrito el escenario, las preguntas se dirigen ahora a intentar averiguar la disposición a pagar de la persona por el cambio propuesto, sin olvidar que

cuando se trata de encontrar esta cantidad, el planteamiento que se hace tiene que girar siempre alrededor de lo que este intercambio de mayor bienestar (mayor calidad ambiental) por dinero le supone.

Finalmente, un tercer bloque indaga sobre algunas de las características socioeconómicas más relevantes de la persona encuestada, de acuerdo con el problema objeto de estudio: renta, edad, estado civil, nivel de estudios, etc.

Una vez estructurados estos bloques, son varias las alternativas que pueden contemplarse a la hora de llevar a cabo el experimento, tanto desde el punto de vista del mecanismo elegido para desarrollar las preguntas, como desde la perspectiva del tipo de preguntas realizadas (Azqueta, 1994: 159).

Formato abierto: en éste, solo se la pregunta al entrevistado la disponibilidad a pagar.

Formato subasta: se le pregunta al entrevistado si estaría dispuesto a pagar cierta cantidad. La cantidad se va incrementando o disminuyendo de acuerdo a la disponibilidad del encuestado, y termina cuando la respuesta converge a una estimación previa.

Formato múltiple: otra forma de preguntar al entrevistado la disponibilidad a pagar es mostrándole en una tabla una lista de valores que van de menor a mayor. El entrevistado debe seleccionar un valor.

Formato binario: consiste en que el encuestado responda simplemente con un si o un no. Por ejemplo, ¿estaría usted dispuesto a pagar \$x por...? ¿si o no?.

Formato iterativo: es un juego de preguntas en el cual el entrevistado se ve obligado a cambiar la respuesta inicial con respecto a la disposición a pagar mediante preguntas iterativas que se le hacen (Azqueta, 1994: 161-163).

El formato dicotómico, a pesar de las críticas y dudas que se le atribuyen, ha tenido gran aceptación, en parte debido a que es compatible con la teoría. Cuando los encuestados no dan una estimación directa de su disponibilidad a pagar hacen poco probable la habilidad de influenciar en el resultado final. Por lo tanto, esta ganancia de compatibilidad conlleva a un costo. De esta forma, las estimaciones sobre la disponibilidad a pagar no son reveladas directamente por los entrevistados, por lo tanto, es necesario desarrollar métodos para analizar las respuestas dicotómicas (Haab y McConnell, 2002: 18).

## **CAPÍTULO VI MATERIALES Y MÉTODOS**

Los materiales que se utilizaron para llevar a cabo esta investigación fueron las encuestas y los programas computacionales tales como N-Logit versión 4.0, Statistical Package for Social Sciences (SPSS), versión 18 para Windows o también conocido como PASW y Microsoft Office 2010.

### **6.1 Metodología**

La investigación se desarrolló en cuatro etapas que posibilitaron un conocimiento de la situación:

La primera etapa consistió en hacer un diagnóstico de la situación actual en la que se encuentra el municipio de Texcoco con respecto al sistema de recolección de desechos que utiliza, su marco legal e institucional con respecto al manejo de desechos.

En la segunda etapa se estudiaron los métodos de reciclaje, así como las leyes y políticas que se aplican en Estados Unidos y Europa, analizando cada una de sus ventajas y desventajas, con la finalidad de retomar aquellos que se pueden ajustar a las condiciones del Municipio de Texcoco.

En la tercera etapa se propuso la aplicación del Método de Valoración Contingente Referéndum mediante un ajuste Logit binomial, a fin de determinar la disposición a pagar de los ciudadanos del Municipio de Texcoco por la implementación de un sistema integral de reciclaje, basado en el sistema de reciclaje precio basado en la unidad utilizado en Oklahoma,

Estados Unidos. Los coeficientes del modelo se obtuvieron vía máxima verosimilitud.

El nivel de bienestar del conjunto de la sociedad está vinculado a la función de utilidad individual de cada una de las personas que constituyen una comunidad. Para conocer esta función, las características de las variables que la constituyen y las variaciones en la misma como consecuencia de las modificaciones realizadas en la valoración del sistema de recolección de desechos se realizaron encuestas personales a usuarios (hogares) del servicio de limpia pública del municipio de Texcoco.

#### **6.1.1 Aplicación del método de valoración contingente**

La entrevista para aplicar el método de valoración contingente se realizó en forma personal y a nivel hogar, construyéndose un mercado hipotético para implementar un sistema de reciclaje integral. En dicho mercado, el jefe de familia se enfrenta a un mercado hipotético, en el cual expresa su disposición a pagar como un indicador para implementar un sistema de reciclaje integral.

Se construyó una función de demanda compensada para aplicar el método de valoración contingente, utilizando el excedente compensado (variación compensatoria) (Labandeira, 2007:150).

De los cinco tipos de formatos mencionados anteriormente se utilizó el formato binario. De igual manera, el vehículo de pago fue una cuota semanal, ya que los habitantes del municipio están acostumbrados a dar una propina diaria o una cuota por bolsa en los lugares donde no es muy

frecuente el servicio de limpia pública. La cuota varía, pero se pagan desde 10 pesos por semana hasta 40 en algunos casos.

### 6.1.2 Muestreo

Los hogares del área metropolitana de Texcoco no están divididos en estratos según el nivel de ingreso o rango social de los residentes, ni por el INEGI ni por alguna otra institución pública o privada, por lo que para llevar a cabo este estudio se realizó un muestreo aleatorio simple. Para el municipio de Texcoco INEGI registró un total de 47,679 hogares en el año 2005.

En el muestreo aleatorio simple el tamaño de muestra que se requiere para estimar la media poblacional  $\mu$ , dada una cota  $B$  para el error de estimación es la siguiente:

$$n = \frac{N\sigma^2}{(N-1)D + \sigma^2} \text{ con } D = \frac{B^2}{4}$$

Donde  $\sigma^2$  es la varianza poblacional,  $N$  es el número de elementos de la población, y  $B$  es la cota para el error de estimación, el cual fue de 0.05 (5%) para este caso.

Si  $N$  es grande ( $N > 30$ ), la fórmula del tamaño de muestra se reduce a:

$$n = \frac{4\sigma^2}{B^2} \quad (\text{Mendenhall y Reinmuth, 1986: 542-543}).$$

Para encontrar  $n$  es necesario conocer la varianza poblacional, pero para estimar  $\sigma^2$  es necesario tener un conjunto de mediciones muestrales de la población. Es por ello que para conocer la varianza de la población de Texcoco, se realizó una prueba piloto de 40 encuestas a partir de las

respuestas afirmativas y negativas de la disposición a pagar, categorizada por unos y ceros, resultando una varianza de 0.251. Una vez obtenida la varianza se calculó el tamaño de muestra  $n$ , el cual resultó ser de 401.6, utilizando un total de 402 encuestas para fines prácticos.

El rango de precios a utilizar se obtuvo en la muestra piloto mediante una pregunta abierta sobre la disposición a pagar de los jefes de familia por la adopción de un sistema de reciclaje. El rango para dichos precios se encontró entre 10 y 40 pesos semanales.

### **6.1.3 Obtención de la disposición a pagar**

Para analizar las respuestas se utilizó un modelo que permitiera incorporar las características de los individuos a la función de la DAP. El entender cómo las respuestas de la DAP responden a características individuales, permite ganar información sobre la validez y confiabilidad del MVC y extrapolar las respuestas de la muestra a la de la población (Haab y McConnell, 2002: 24 ). El modelo utilizado para analizar las respuestas dicotómicas del MVC fue el Modelo de Utilidad Aleatoria (RUM, por sus siglas en inglés).

De acuerdo a los modelos econométricos, las respuestas de preferencia de las encuestas se basan en el modelo de utilidad aleatoria de McFadden. Supóngase a un individuo  $i$  que escoge una alternativa de una serie de alternativas que proporcionan una utilidad  $U_{ij}$  , la cual puede separarse en un componente estocástico no observado  $\varepsilon_{ij}$  y en un componente determinístico  $V_{ij}(z_j, y_i - A_{ij})$ ; es decir, la función de utilidad indirecta que

depende únicamente del ingreso del individuo y de la calidad ambiental  $z$ . Denotando el costo de la alternativa  $j$  de la persona  $i$  con  $A_{ij}$ , la utilidad de la alternativa  $j$  puede representarse como  $U_{ij} = V_{ij}(z_j, y_i - A_{ij}) + \varepsilon_{ij}$ , en la cual, el término estocástico  $\varepsilon_{ij}$  representa los factores no observados que afectan las elecciones. Estas elecciones se basan en la comparación de la utilidad entre las alternativas disponibles, así, la alternativa que proporciona la mayor utilidad se convierte en la elección preferida. La probabilidad de la persona  $i$  que escoge la alternativa  $j$  de una serie de  $m$  alternativas equivale a la probabilidad que la alternativa  $j$  proporciona a la persona  $i$  con la mayor utilidad  $U_{ij}$  que cualquier otra alternativa disponible  $U_{ik}$  (Siikamaki y Layton, 2002: 3); es decir,

$$P_{ij} = P(U_{ij} > U_{ik}, k = 1, \dots, m \forall k \neq j) \dots\dots\dots (1)$$

En base a este modelo, la persona  $j$  contesta sí a la disposición de pagar de  $t_j$  si la utilidad obtenida con el MVC excede a la utilidad del status quo (estado inicial). (Haab y McConnell, 2002: 25).

$$u_1(y_j - t_j, z_j, \varepsilon_{1j}) > u_0(y_j, z_j, \varepsilon_{0j}) \dots\dots\dots (2)$$

La probabilidad de la respuesta sí es la probabilidad de que la persona piense que el escenario propuesto es una mejor situación aún con el pago, por lo que  $u_1 > u_0$ . Para la persona  $j$  esta probabilidad equivale a:

$$\Pr(s_{ij}) = \Pr(u_1(y_j - t_j, z_j, \varepsilon_{1j}) > u_0(y_j, z_j, \varepsilon_{0j})) \dots\dots\dots (3)$$

Esta probabilidad es demasiado general para la estimación, ya que aún se requiere la forma funcional de  $u_0(y_j, z_j, \varepsilon_{0j})$ ; además, debe de especificarse la distribución de  $\varepsilon_{1j}$ .

Se puede hacer una aproximación al especificar la función de utilidad de forma separada en preferencias determinísticas y estocásticas:

$$u_i(y_j, z_j, \varepsilon_{ij}) = v_i(y_j, z_j) + \varepsilon_{ij} \dots\dots\dots(4)$$

El vector  $v_i(y_j, z_j)$  es algunas veces considerado como la calidad de las características de las condiciones del MVC.

Una vez que la utilidad es especificada como la suma de componentes determinísticos y aleatorios, las diferencias de los componentes aleatorios entre el status quo y las condiciones del MCV no se pueden identificar, por lo que es posible escribir los términos aleatorios como un solo término; es decir:  $\varepsilon_j \equiv \varepsilon_{1j} - \varepsilon_{0j}$ . Si se denota a  $F_i(a)$  como la probabilidad de que la variable aleatoria  $\varepsilon$  sea menor que a, entonces la probabilidad de responder si es:

$$\Pr(s_{ij}) = 1 - F_\varepsilon[-(v_1(y_j - t_j, z_j) - v_0(y_j, z_j))] \dots\dots\dots(5)$$

Cuando la parte determinística de la ecuación es lineal en el ingreso y en el resto de las variables, la utilidad que tiene el individuo j con la decisión i, es una función lineal de un vector de características del individuo (zj), y de su ingreso (yj):  $v_{ij}(y_{ij}) = i z_j + i(y_j)$ . Al igual que en el caso general, se espera encontrar la probabilidad de que el individuo j responda que si:

$$\Pr(s_{ij}) = \Pr(v_1 + \varepsilon_{1j}) > (v_0 + \varepsilon_{0j}), \text{ donde } v_{1j} = v_1 z_j + i(y_j - t_j), \text{ y } v_{0j} = v_0 z_j + i y_j \dots\dots\dots(6)$$

El cambio en la utilidad determinística es:

$$v_{1j} - v_{0j} = (\alpha_1 - \alpha_0)z_j + \beta_1(y_j - t_j) - \beta_0 y_j \dots\dots\dots(7)$$

Un supuesto es que la utilidad marginal del ingreso es constante entre los dos escenarios, a menos que el caso propuesto por el MVC provea un cambio sustancial. Este supuesto está basado en que el precio sugerido es lo suficientemente adecuado para no tener un cambio sustancial en el ingreso de los entrevistados.

Entonces  $\beta_0 = \beta_1; \varepsilon_j = \varepsilon_{1j} - \varepsilon_{0j}$  y la diferencia de la utilidad es  $v_{1j} - v_{0j} = \alpha z_j - \beta t_j$

donde  $\alpha = \alpha_1 - \alpha_0$  y  $\alpha z_j = \sum_{k=1}^m \alpha_k z_{jk}$ . Por tanto, el modelo lineal se escribe:

$$\Pr(s_{1j}) = \Pr(\alpha z_j - \beta t_j + \varepsilon_j) > 0 \dots\dots\dots(8)$$

Para analizar la información a través de un modelo de utilidad, es necesario estimar modelos para variables dependientes discretas, o lo que es lo mismo, se debe estimar la probabilidad de una respuesta afirmativa dados algunos parámetros. Los modelos más utilizados para esto son el Logit y el Probit.

En el modelo Logit se supone que los errores se distribuyen como una función logística con media cero y varianza  $\pi^2 \sigma_L^2 / 3$ . Cuando se normaliza mediante  $\sigma_L$  se crea una variable logística con media cero y varianza  $\pi^2 / 3$ ; es decir, si  $\varepsilon \approx$  a una logística  $(0, \pi^2 \sigma_L^2 / 3)$ , entonces  $\varepsilon / \sigma_L = \theta$  que se distribuye como la logística  $(0, \pi^2 / 3)$ . De este modo, la logística estándar tiene una varianza  $\pi^2 / 3$  veces la normal estándar. Así también, la probabilidad de que una variable con distribución logística sea menor o igual

a un número  $X$  es igual a :  $(1 + e^x)^{-1}$ . De lo anterior se desprende que la probabilidad de que la persona  $j$  tenga una respuesta positiva a un precio propuesto igual a  $t$  es:

$$\Pr(s_i_j) = [1 + e^{(-\alpha z_j / \sigma_L) - (\beta t_j / \sigma_L)}]^{-1} \dots\dots\dots (9)$$

Con esta última ecuación resulta factible calcular los parámetros:  $\alpha / \sigma$  y  $\beta_j / \sigma$ . (Sanjurjo e Islas, 2007: 154-155).

Una vez obtenidos los parámetros del modelo se puede evaluar el cambio de bienestar producido por la mejora ambiental planteada. En este caso, la medida de bienestar está representada por la variación compensatoria (VC) que es la respuesta a la pregunta de disponibilidad a pagar (DAP).

Para estimar la VC se puede definir el cambio de la utilidad de un modelo lineal de la siguiente forma:

$$V_1(Q=1, y-p; z) + \varepsilon_1 = V_0(Q=0, y; z) + \varepsilon_0$$

Donde  $Q = 0$  representa el estado actual,  $Q = 1$  la situación final al implementarse el reciclaje y  $p$  es la cantidad de dinero para mantener el escenario propuesto.

Si no se considera al vector  $z$  se tiene:

$$\alpha_1 + \beta(y-p) + \varepsilon_1 = \alpha_0 + \beta y + \varepsilon_0$$

Y dado que los errores se distribuyen como una logística se tiene que la VC es:

$$VC = DAP = \frac{\alpha}{\beta}$$

En los modelos lineales la media y la mediana son iguales, si se generaliza el procedimiento y se incluye el vector de variables socioeconómicas "z", la medida de bienestar se expresa de la siguiente manera:

$$VC = DAP_i = \frac{\left(\alpha_0 + \sum_{i=1}^k \alpha_i z_i\right)}{\beta}$$

Donde,  $z_i$  es un vector de características socioeconómicas,  $\alpha_i$  son los parámetros respectivos de la variable  $z_i$  y  $\beta$  es el coeficiente del precio. Operativamente, los parámetros  $\alpha_i$  y  $\beta$  se estiman por máxima verosimilitud (Hanemann, 1984:332-341).

En base a lo anterior se plantea el siguiente modelo econométrico:

$$\begin{aligned} \Pr(Y = 1) = & b_1 + b_2 PREC + b_3 PROBAS + b_4 PAGSER + b_5 AMRECI \\ & + b_6 SEPBAS + b_7 GENE + b_8 PERSHO + b_9 CAS + b_{10} EDAD \\ & + b_{11} EDUC + b_{12} INGRE + \varepsilon \end{aligned}$$

Una vez obtenido el modelo se calcula la DAP media de la siguiente forma:

$$DAP_i = \frac{b_1 + b_2 \overline{PREC} + b_3 \overline{PROBAS} + b_4 \overline{PAGSER} + b_5 \overline{AMRECI} + b_6 \overline{SEPBAS} + b_7 \overline{GENE} + b_8 \overline{PERSHO} + b_9 \overline{CAS} + b_{10} \overline{EDAD} + b_{11} \overline{EDUC} + b_{12} \overline{INGRE} + \varepsilon}{b_{PREC}}$$

Donde  $b_{PREC}$  es el coeficiente de regresión del precio.

#### 6.1.4 Modelo econométrico

Del procedimiento anterior, se tiene que:

$$\Pr ob(si) = F(\Delta V) \Rightarrow \Pr ob(y_i = 1) = F(\beta' x_i)$$

Donde  $F$  es la función de distribución acumulada de  $\eta$  y  $\Pr ob(y_1 = 0) = 1 - F(\beta' x_i)$ .

$L = \prod_{i=1}^n (1 - F(\beta' x_i))^{1-y_i} (F(\beta' x_i))^{y_i}$ , la cual también se puede expresar forma logarítmica:

$$\ln L = \sum_{i=1}^n \{(1 - y_i) \ln [1 - F(\beta' x_i)] + y_i \ln F(\beta' x_i)\}$$

Para estimar la probabilidad en un modelo Logit, la función de verosimilitud también se escribe de la siguiente manera:

$$L = \prod_{i=1}^n \left( \frac{1}{1 + \exp(\beta' x_i)} \right)^{1-y_i} \left( \frac{\exp(\beta' x_i)}{1 + \exp(\beta' x_i)} \right)^{y_i} = \frac{\exp(\beta') \sum_{i=1}^n x_i y_i}{\prod_{i=1}^n [1 + \exp(\beta' x_i)]}$$

Definiendo  $t^* = \sum_{i=1}^n x_i y_i$  para encontrar el estimador de máxima verosimilitud de  $\beta$  y aplicando nuevamente logaritmos, se tiene:

$$\text{Log}L = \beta' t^* - \sum_{i=1}^n \log[1 + \exp(\beta' x_i)]$$

Maximizando el logaritmo de la función de verosimilitud se tiene:

$$\frac{\partial \text{Log}L}{\partial \beta} = S(\beta) = - \sum_{i=1}^n \frac{\exp(\beta' x_i)}{1 + \exp(\beta' x_i)} x_i + t^* = 0$$

Dado que se tiene una ecuación no lineal en  $\beta$ , se necesita utilizar métodos no lineales como el algoritmo de Newton Raphson o el algoritmo Gauss Newton. (Procedimiento iterativo hasta lograr la convergencia). Los softwares especializados para realizar estas operaciones son: N-Logit, el Statistical Analysis System (SAS), o el Stata (Tudela, 2007:21-22). Para este caso se utilizó el programa N-Logit versión 4.0.

En el modelo econométrico estimado se pretendió identificar qué factores socio económicos y culturales influyen en la decisión de los jefes de familia a aceptar una propuesta para mitigar el problema de los desechos urbanos. En dicho modelo se explica la valoración ambiental de la población en función

de la disposición a pagar de las familias por implementar un sistema integral de reciclaje  $[Prob(Y=1)]$  en base a las variables que se muestran en el cuadro número 4.

**Cuadro 4. Variables del modelo econométrico.**

VARIABLE	NOTACIÓN	CONCEPTO	CATEGORÍA DE LA VARIABLE
Probabilidad	Y	Probabilidad de las familias por que se implemente un sistema de reciclaje. Es = 0 si no se está dispuesto a pagar, = 1 si se está dispuesto.	Dicotómica
Precio	PREC	Es el monto propuesto al entrevistado para saber si estaba de acuerdo en que se cobrara esa cantidad. Se propusieron precios de 10,15,20,25,30 y 40 pesos semanales	Discreta
Problema de la basura	PROBAS	Percepción ambiental del problema de la basura. Normal y grave = 0; muy grave = 1.	Dicotómica
Pago por servicio	PAGSER	Monto que pagan semanalmente los entrevistados por tirar su basura	Continua y cuantitativa
Amigo que recicle	AMRECI	Si el entrevistado conoce a un familiar o amigo que recicle. Si conoce =1, si no conoce = 0.	Dicotómica
Separación de basura	SEPBAS	Si separa la basura. Nunca = 1, A veces = 2, Siempre = 3.	Ordenada categóricamente
Género	GENE	Indica el género del entrevistado. 1 = mujer, 0 = hombre.	Dicotómica
Personas en el hogar	PERSHO	Número de personas en el hogar	Discreta
Casa	CAS	Si la casa es propia=1, rentada, prestada u otro = 0.	Dicotómica
Edad	EDAD	Representa la edad de quien toma la decisión a pagar. En este caso, solo jefes de familia	Discreta
Educación	EDUC	Representa el nivel de estudios del jefe de hogar. Toma valores de 1, 2, 3, 4, 5 y 6 para estudios de ninguno, primaria, secundaria, preparatoria, licenciatura y posgrado.	Ordenada categóricamente
Ingreso	INGRE	Corresponde al ingreso mensual del entrevistado. Toma valores de 1,2,3,4,5,6 y 7	Ordenada categóricamente

Fuente: elaboración propia

## **CAPÍTULO VII MARCO NORMATIVO SOBRE MEDIO AMBIENTE Y ENVASES EN MÉXICO Y EN LOS PAÍSES DESARROLLADOS**

A diferencia de los países desarrollados, los cuales han logrado alcanzar altas tasas de reciclaje y reducción de desechos que son enviados a los rellenos sanitarios, los países en desarrollo han fracasado en este intento, lo cual puede atribuirse a la falta de legislación respecto al manejo de los residuos sólidos. Es por ello que en este capítulo se hace una descripción del marco normativo sobre el medio ambiente y envases que han adoptado los países más exitosos en el tema.

### **7.1 Normatividad ambiente - envase en Estados Unidos**

La normatividad ambiente – envase en Estados Unidos se basa en:

#### **7.1.1 Reciclaje.**

Las legislaciones estatales están llegando a la fuente; es decir, a los fabricantes, motivándolos a usar determinadas cantidades de material reciclado, a reducir la producción o uso de materiales tóxicos, a evitar pretensiones ambientales no sustentadas en las etiquetas de sus envases y a recolectar y reciclar materiales difíciles de reciclar (Careaga, 1993: 96).

#### **7.1.2 Sistema de codificación para botellas de plástico.**

En 1988 se estableció un sistema de codificación para simplificar la identificación de los materiales con los que se fabrican envases rígidos de plástico. El propósito de la codificación fue auxiliar a las empresas

recicladoras en la selección de los plásticos de acuerdo al tipo de resina con que están fabricados. Este sistema ha sido adoptado en el mundo entero.

### **7.1.3 Prohibición de uso de envases.**

En varios estados se prohibió el uso de determinados tipos de envase debido a su dificultad para reciclarse. Entre éstos se encuentran: envases no retornables, envases no reciclables, envases de poliestireno expandido, y aunque no son envases, hasta pañales desechables. En 12 estados se prohibió incluir con la basura 45 productos, evitando que sean depositados en los rellenos sanitarios. La lista de productos incluye: acumuladores, baterías, llantas, aceite usado, residuos de jardinería, muebles y aparatos electrodomésticos grandes.

### **7.1.4 Plásticos degradables.**

Esta es una medida útil para garantizar la destrucción del producto o envase y contribuir a extender la vida útil de los rellenos sanitarios. En el Estado de Florida se ha establecido que los plásticos sean fotodegradables para reducir la basura callejera. Igualmente, el soporte de polietileno usado para hacer unitario y transportar seis latas de bebida (six – pack) debe ser hecho con plástico fotodegradable.

### **7.1.5 Etiquetado ecológico.**

La Environmental Marketing Claims Act – una ley federal establecida por el Congreso, además de estimular el desarrollo de tecnologías y prácticas innovativas para favorecer la conservación de los recursos naturales y la

protección del medio ambiente, establece los siguientes puntos en relación con el etiquetado de los productos:

La información presentada deberá proporcionar guías a los consumidores para comparar las pretensiones ambientales de los productos ambientales.

- Se requiere que la Agencia de Protección al Ambiente establezca normas y definiciones uniformes para las pretensiones ambientales. Por ejemplo, bajo esta ley, un producto que señale ser reciclable, deberá cumplir con un mínimo de reciclabilidad de hasta el 50%.
- Los productos que pretendan ser reusables o rellenables deberán estar contenidos en empaques que permitan su reutilización de al menos cinco veces.
- Los productos biodegradables y fotodegradables deberán probar ser ambientalmente benignos y descomponerse sin liberar residuos tóxicos o sintéticos (Careaga, 1993:100).

#### **7.1.6 Legislación federal adicional.**

Mediante esta legislación se proponen otros planteamientos como por ejemplo el de la propuesta de una nueva norma de eficiencia que sugiere que el envase de los productos que se venden empacados no debe ocupar más del 10% del peso o volumen total. Un segundo planteamiento requiere que los envases de bienes de consumo estén hechos con materiales reciclables.

### **7.1.7 Legislación en algunos estados estadounidenses.**

Algunos estados de la Unión Americana están buscando implementar algunas normas respecto al reciclaje como:

- Alcanzar el 25% de reducción en su origen.
- Que los productos sean reusables al menos cinco veces y que contengan 25% de material reciclado (por peso), el cual debería llegar al 50% después de cinco años de establecida esta norma.
- Que los recipientes de plástico rígido con capacidad entre ocho onzas y cinco galones sean reciclados en un 55% en tres años a partir de 1993. Además, que contengan 25% de plástico reciclado, que sean reusables o rellenables y que reduzcan 10% el peso o volumen del que tenían previamente y modifiquen la misma proporción cada cinco años (Ídem).

Una de las críticas a esta política es la incapacidad de los pequeños empresarios para alcanzar los requerimientos legales de reciclaje o reuso.

## **7.2. Panorama reglamentario canadiense sobre medio ambiente y envases**

La normatividad ambiental de envases en Canadá se fundamenta en los siguientes principios:

### **7.2.1 Programa de recolección selectiva “Blue Box” (También llamado programa al pie de banqueta.**

- Este programa inició en 1986, y para 1991 se habían logrado recuperar más de un millón de toneladas de materiales. En el

instructivo para su implementación se deben seguir los siguientes pasos:

- Colocar envases de vidrio, lata y plástico en una reja azul.
- Los envases deberán ir sin tapas, a excepción de los envases de aceite de motor.
- El papel periódico y rejas de cartón deben presentarse atados y deben colocarse en la banqueta junto a la reja azul.
- No deben incluirse cajas enceradas o plastificadas, cajas de pizza ni revistas, cajas de zapatos ni cartones para huevo.
- No deberán incluirse acumuladores, baterías, pilas, focos, tubos fluorescentes, vidrios de ventanas, espejos, loza, cerámica, artículos de barro cocido, floreros, latas de pintura, chatarra metálica, llantas, recipientes para alimentos y derivados lácteos, envolturas y bolsas de plástico, ni aerosoles (Careaga, 1993:104).

### **7.2.2 Protocolo nacional del empaque.**

- En 1990 se desarrolló en Canadá un documento denominado “Protocolo Nacional del Envase y Embalaje”, en el que se propusieron seis políticas sobre el reciclaje, las que se mencionan a continuación.
- Política No. 1: Todos los envases que se utilicen en Canadá tendrán un impacto mínimo sobre el medio ambiente.
- Política No.2: La escala de prioridades de la gestión integral de envases y embalajes será: reducción de origen (en la fuente), reutilización y reciclaje.

- Política No.3: Se establece una campaña permanente de información, educación y capacitación con el fin de lograr que todos los canadienses estén conscientes de las funciones y los impactos ambientales del envase y el embalaje.
- Política No. 4: El conjunto de políticas que integran el Protocolo Nacional del Envase, así como la normatividad de que él resulte, se aplicará a todos los envases usados en Canadá, incluyendo los de importación.
- Política No. 5: Se implantará la normatividad que sea necesaria para lograr el cumplimiento de este conjunto de políticas.
- Política No, 6: Todas las políticas, lineamientos y acciones gubernamentales, de cualquier nivel que afecten a los envases y embalajes deberán ser consistentes con este conjunto de políticas nacionales (Careaga, 1993:107).

### **7.3 Código canadiense de prácticas preferenciales de envasado**

Después de haberse establecido el Protocolo en Canadá se adoptó un Código Canadiense de Prácticas Preferenciales de Envasado, el cual representa un compromiso de las instituciones involucradas para alcanzar las metas de disminución de desechos. El Código contempla las siguientes medidas reglamentarias obligatorias:

- Reducción de origen (en la fuente):
  - La opción preferida es: ningún envase generado.

- Se sugiere utilizar la mínima cantidad posible de materiales de envasado, consistentes con los requisitos funcionales.
  
- Reutilización:
  - Debe considerarse el uso de envases rellenables o reusables, cuando no sea factible optar por acciones de reducción en la fuente.
  
- Reciclaje
  - Siempre que sea posible, deberán usarse materiales reciclados en la producción de nuevos envases.
  - La opción preferida es el reciclaje primario o de “ciclo cerrado”, es decir, la reutilización de los materiales en la misma aplicación original. El reciclaje secundario (a otras formas de envase) también es aceptable.
  - Cuando no exista otra alternativa, deberán usarse los materiales recuperados en reciclaje terciario (otras aplicaciones distintas de fabricación de envases) (Ídem).

### **7.3.1 Etiqueta ecológica**

Otra iniciativa federal es el etiquetado de producto denominado “Elección Ambiental”, el cual tiene como meta principal que todos los productos seleccionados incluyan el reciclaje como objetivo primario, aún con exclusión de otras características ambientales. Para la fase inicial se escogieron tres categorías de producto:

- Productos plásticos, hechos a base de material reciclado

- Productos para la industria de la construcción, que contengan materiales celulósicos reciclados.
- Aceites lubricantes hechos a partir de la refinación de aceites usados.
- 

#### **7.4 Normatividad en la Comunidad Europea**

En 1992 la Comunidad Europea emitió un reglamento sobre envases y residuos de envase. El reglamento contempló lo siguiente:

- Reciclaje del 90% de los desechos para el año 2002.
- La provisión de mecanismos para que los envases desechados por los consumidores regresaran a los fabricantes.
- Asegurar la reutilización de los envases usados.
- Asegurar que los sistemas de gestión y de retornabilidad de envases sean equivalentes a través de toda la Comunidad.
- La provisión de mecanismos para devolver al fabricante todos los envases desechados por el consumidor final (Ídem).

#### **7.5. Ley alemana sobre el reciclaje**

Dado el incremento en el volumen de desechos, así como la disminución de la capacidad de los rellenos sanitarios, el gobierno alemán estableció la Ordenanza sobre el empaque de productos en junio de 1991.

El objetivo de esta ordenanza es evitar o reducir el efecto de los empaques de productos desechados sobre el medio ambiente; obligando a las empresas productoras y a los distribuidores de productos a recolectar nuevamente sus empaques y a reciclarlos, mostrando prueba de ello. Adicionalmente, se han hecho varias modificaciones a esta Ordenanza a

partir de su creación. Desde enero de 2003 se aplicó un depósito obligatorio sobre el empaque de las bebidas.

Dado el efecto de la Tercera Ordenanza, modificando la Ordenanza sobre el empaque de productos el 28 de mayo de 2005, todos los envasadores y distribuidores que pongan en circulación bebidas en envases no reciclables con capacidades de 0.1 y 3 litros, están obligados a cobrarles a sus clientes un depósito de 25 centavos de Euro.

Desde el primero de mayo de 2005 los depósitos son obligatorios para los empaques no retornables de las bebidas siguientes:

#### Cerveza

- Cervezas combinadas (cerveza con cola o limonada).
- Cerveza de sabor.
- Cervezas sin alcohol.

#### Aguas

- Agua mineral, agua de manantial. Aguas carbonatadas y no carbonatadas.

#### Bebidas ligeras carbonatadas.

- Bebidas de cola y limonadas.
- Mezclas de jugo de frutas y agua mineral carbonatada.
- Bebidas energéticas carbonatadas.

- Café o té carbonatado embotellado.

Los siguientes productos están sujetos obligatoriamente a depósitos a partir del primero de mayo de 2006:

- Bebidas ligeras no carbonatadas.
- Bebidas combinadas con alcohol.

Los siguientes productos no están obligados al depósito:

- Néctar de jugos de frutas y vegetales.
- Bebidas con un mínimo de 50% de leche o sus derivados.
- Bebidas dietéticas que se encuentran enlistadas en el artículo 1 de la Ordenanza Dietética.
- Vinos y whiskies.
- Bebidas en cartones.
- Bolsas tubulares de polietileno.
- Bolsas de papel aluminio (<http://www.gruener-punkt.de.>).

### **7.6 Enfoque normativo en Japón**

El manejo y la disposición de los Residuos Sólidos Municipales (RSM) en Japón se rigen por la Ley sobre Disposición de la Basura y Limpieza Pública.

Las directrices generales de esta ley son las siguientes:

- Las empresas y comercios son los responsables de la disposición final de los desechos generados en sus operaciones.

- Las autoridades locales (municipios) son las responsables de llevar a cabo una eficiente administración de los RSM.
- Los gobiernos de los estados supervisarán y proporcionarán a las municipalidades el soporte técnico necesario para manejar en forma apropiada los desechos industriales.
- El gobierno central promoverá los desarrollos tecnológicos relacionados con la disposición final de los desechos y dará apoyo técnico y financiero a los gobiernos estatales y municipales.

#### **7.6.1 Etiqueta Eco-Mark**

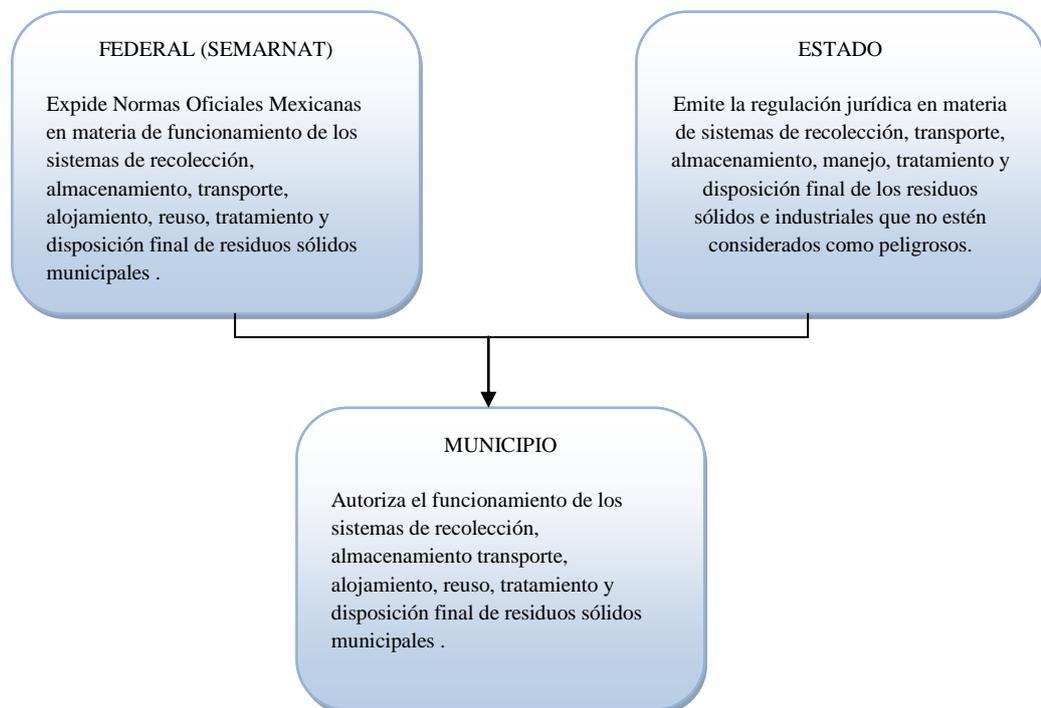
La eco-etiqueta es un logotipo formado por un símbolo del mundo que está rodeado por dos brazos que forman la letra e. Las empresas que deseen utilizar la etiqueta deberán firmar un acuerdo y pagar por el privilegio una vez que hayan sido evaluados y aprobados. La Agencia del Medio Ambiente en Japón tiene una oficina que opera el programa en relación con los productos que pueden llevar la etiqueta. Los principios de la eco-etiqueta son:

- No causar contaminación o la menor posible durante su utilización.
- No empeorar, sino mejorar el ambiente durante su uso.
- No ocasionar contaminación o la menor posible cuando existan desechos.
- Contribuir de alguna forma a conservar el ambiente (Careaga, 1993:116).

## 7.7 Marco Institucional y Legal de los Residuos Sólidos en México

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, establece que corresponde a los municipios la responsabilidad de prestar el servicio de limpia con la participación del Estado. Esta atribución es ratificada por la Constitución Política de los Estados y sustentada en la Ley Estatal de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA). El instituto Nacional de Ecología menciona que México actualmente no cuenta con suficientes reglamentos en aspectos como la generación de residuos sólidos y artículos relacionados con la prevención de la contaminación (<http://www.INE.gob.mx>).

**Figura 11. Organismos a cargo del uso de los residuos sólidos.**



Fuente: (Peña citado por INE, 2007).

### Cuadro 5. Autoridades Competentes de los RSM en México.

En relación con el manejo integral de residuos sólidos municipales, como servicio público, son autoridades competentes los estados y los municipios.

Ordenamiento	Descripción
Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos	Indica que los servicios públicos municipales deben ser prestados por los ayuntamientos, entre ellos el servicio de limpia (Artículo 115).
Ley General de Salud	Establece las disposiciones relacionadas al servicio público de limpia en donde se promueve y apoya el saneamiento básico, se establecen normas y medidas tendientes a la protección de la salud humana para aumentar su calidad de vida.
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)	Plantea que los sistemas de manejo y disposición de residuos sólidos no peligrosos quedan sujetos a autorización y legislación estatal o en su caso, municipal; y la disposición final de los residuos sólidos no peligrosos, mediante rellenos sanitarios.
Normas Oficiales Mexicanas y Normas Mexicanas	Establecen la forma y procedimientos aplicables al manejo y disposición de residuos sólidos no peligrosos.
Constitución Política Estatal	Dentro de los Artículos referentes a los municipios se hace referencia a las facultades que tienen los ayuntamientos para prestar el servicio de limpia pública.
Ley Estatal de Protección al Ambiente	Establece disposiciones de observancia obligatoria para cada estado, teniendo como objetivo la prevención, preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como los fundamentos para el manejo y disposición final de los residuos sólidos no peligrosos.
Ley Orgánica del Municipio Libre	Establece las atribuciones de los ayuntamientos para nombrar las comisiones que atiendan los servicios públicos.
Bando de Policía y Buen Gobierno	Plantean el conjunto de normas y disposiciones que regulan el funcionamiento de la administración pública municipal.
Reglamento de Limpia	El reglamento regula específicamente los aspectos administrativos, técnicos, jurídicos y ambientales para la prestación del servicio de limpia pública.

Fuente: (Peña citado por INE, 2007).

Los estados, a través de sus legislaturas, tienen encomendado legislar en dicha materia y cuentan con autoridades administrativas, dependientes de la administración pública estatal, para intervenir como adyuvantes de la autoridad municipal competente, en particular en materias relacionadas con el desarrollo urbano.

Los municipios, a través del ayuntamiento, emiten reglamentos en la materia, en tanto que los regidores fungen como supervisores de las actividades; contando además con instituciones administrativas que se encargan directamente de la prestación del servicio público consistente en: barrido de calles, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos.

Es importante hacer notar, que la prestación del servicio público no está regulada por ninguna disposición jurídica del orden federal, salvo por el Artículo 115 Fracción III, Inciso c), de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, para el sólo efecto de declarar competentes a los municipios en esta materia. Dado lo cual, las disposiciones jurídicas a este respecto son las que se expiden en el orden local, sea en los estados o en los municipios, o en ambos.

La LGEEPA, vigente desde principios de 1988 y reformada en diciembre de 1996, reconoce la competencia de los estados y municipios para regular y prestar el servicio público de limpia, (aseo urbano), adicionalmente faculta al Gobierno Federal, a través de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAT), para expedir Normas Oficiales Mexicanas en las diferentes materias que estructuran el servicio público de limpia, (aseo urbano), (Artículos 5º Fracción V, 7º Fracción XIII y 8º Fracción XII).

Lo anterior indica que el Poder Legislativo Federal consideró pertinente que, además de la intervención de las autoridades locales prevista en la

Constitución, también debería participar el Gobierno Federal cuando se trata de proteger al ambiente, a través de la posibilidad de expedir reglas técnicas obligatorias relativas al manejo integral de residuos sólidos, que deben ser observadas en forma adicional a las que expidan las autoridades locales (<http://www.INE.gob.mx>).

Dentro del contexto de la protección al ambiente en relación con el manejo de los residuos, también se concedió al Gobierno Federal la atribución de la regulación y el control de la generación, manejo y disposición final de residuos peligrosos para el ambiente y los ecosistemas (Artículo 5º Fracción VI) (Ídem).

La SEMARNAT es quien expide las Normas Oficiales, el Estado las regula y vigila su cumplimiento, y el municipio es quien aplica las disposiciones jurídicas en la materia, vigila el cumplimiento de dichas disposiciones y además autoriza el funcionamiento de sistemas de manejo de residuos municipales (Peña, citado por INE 2007).

### **7.7.1 Atribuciones de las autoridades competentes en materia de los RSM en México.**

#### **SEMARNAT:**

- Expide las Normas Oficiales Mexicanas y vigila su cumplimiento.
- Regula y controla la generación, manejo y disposición final de residuos peligrosos.
- Suscribe convenios para que los estados asuman el control de los residuos de baja peligrosidad.

- Expide autorizaciones en materia de impacto ambiental para las instalaciones de tratamiento, confinamiento o eliminación de residuos peligrosos y radiactivos.
- Integra un inventario de residuos peligrosos.
- Expide Normas Oficiales a las que deben someterse las instalaciones para la disposición final de los RSM.

#### **Estados:**

- Regula las actividades relacionadas con los residuos sólidos industriales que no son peligrosos.
- Vigila el cumplimiento de las Normas Oficiales que expide la federación
- Asume el control de los residuos de baja peligrosidad.
- Suscribe convenios, previo acuerdo con la federación, con los municipios para que éstos asuman el control de los residuos de baja peligrosidad.

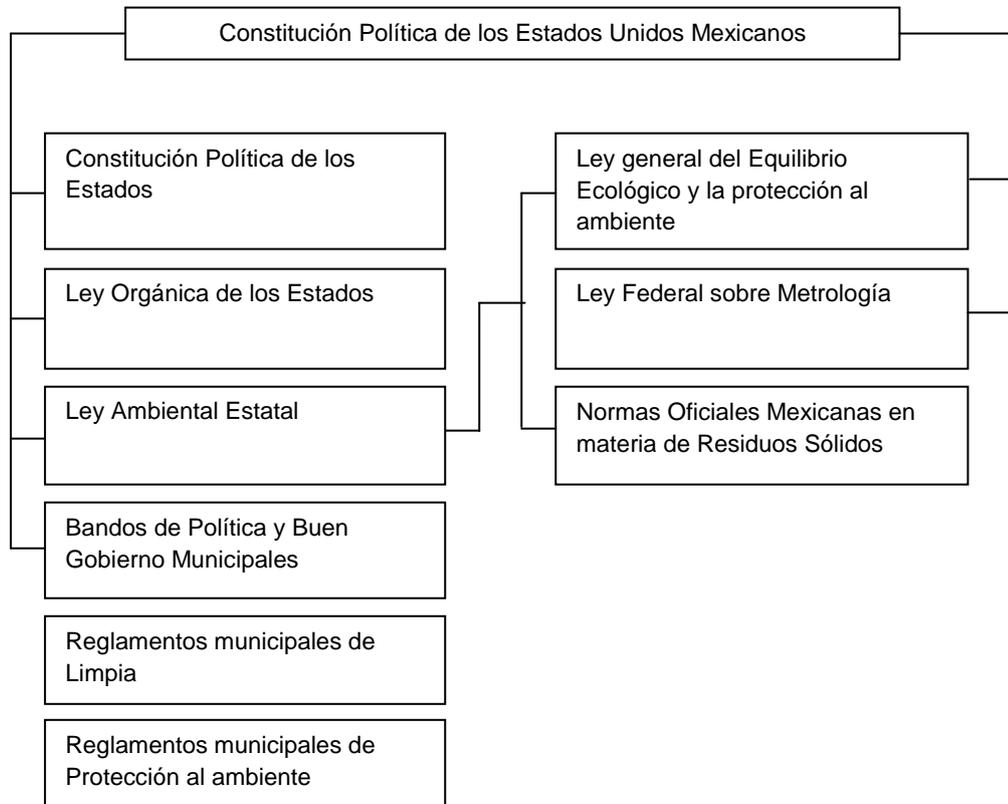
#### **Municipios:**

- La aplicación de las disposiciones jurídicas concernientes a los RS industriales no peligrosos.
- La preservación y restauración del equilibrio ecológico en relación con el servicio de limpia pública.
- La vigilancia del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas.
- Asumir el control de los residuos de baja peligrosidad.
- Autorizar, conforme a las leyes locales y a las Normas Oficiales Mexicanas, el funcionamiento de los sistemas de recolección,

almacenamiento, transporte, alojamiento, reúso, tratamiento y disposición final de los RSM (Ídem).

La LGEEPA en su título primero, capítulo II, artículo 11 se establece que la Federación, por conducto de la SEMARNAT, podrá suscribir convenios o acuerdos de coordinación con el objeto de que los Estados o el Distrito Federal asuman el control de los residuos de baja peligrosidad. También establece en su título cuarto, capítulo VI, artículo 150, que los materiales y residuos peligrosos deberán ser manejados con arreglo a la presente Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas que expida la Secretaría de Medio Ambiente. La regulación del manejo de esos materiales y residuos incluirá, según corresponda, su uso, recolección, almacenamiento, transporte, reuso, reciclaje, tratamiento y disposición final (Ídem).

**Cuadro 6. Régimen jurídico de la prestación de servicios de limpia y protección al ambiente.**



Fuente: (Peña citado por INE, 2007).

## **CAPÍTULO VIII REVISIÓN DE EXPERIENCIAS INTERNACIONALES CON RESPECTO AL PROBLEMA DE LA BASURA.**

La preocupación sobre el reciclaje de desechos ha aumentado en la actualidad, y aunque en algunos países éste se ha implementado con éxito, en otros países no se ha tenido el impacto que se esperaba.

En este capítulo se mencionan los métodos más exitosos que han coadyuvado a reducir la emisión de desechos urbanos.

### **8.1 Precio basado en la unidad**

El sistema de precio basado en la unidad (UBP, por sus siglas en inglés), también conocido como tasa de precio variable, pago del usuario, o pago de acuerdo a lo que se tira. Es un sistema en el cual la población paga por el servicio municipal de recolección de desechos sólidos por unidad de desechos que se recolectan en vez de pagar una cuota fija o un impuesto. Varias comunidades alemanas han implementado ya este sistema. También ha sido implementado con éxito en países como Estados Unidos, Bélgica, Austria, Finlandia, Italia, Luxemburgo. Así también, su aplicación se ha realizado con menor impacto en otros países como Dinamarca, Francia, Irlanda y Suiza (Dijkgraaf y Gradus, 2008: 6).

Este método es similar a otros servicios por los que se cobra. Por ejemplo, al igual que el pago por agua o electricidad, el cual se basa en la cantidad consumida del servicio, con el sistema de precio basado en la cantidad se le cobra a las familias por el servicio de recolección y disposición de los desechos en base a la cantidad de desperdicios generados; así, quien

genera más desechos, paga más. Dado que los servicios de manejo de desechos se cobran adecuadamente, a las familias se les motiva financieramente para que busquen alternativas para reducir sus desechos domiciliarios a través de la reducción desde el origen (evitar envolturas innecesarias) o mediante el reciclaje.

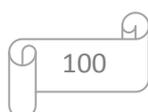
Al aplicar el método de precio basado en la cantidad se obtienen beneficios como:

- Disminución de los desechos enviados a los rellenos sanitarios.
- Reducción de los costos del manejo de desechos.
  - Disminuye el pago por utilizar el relleno sanitario.
  - Disminuyen los costos de recolección, ya que las rutas se recorren más rápido.
  - Aumenta el periodo de vida de los rellenos sanitarios.
  - Se incrementa la implementación de programas de reciclaje.
- Aumenta el reciclaje.
- Protección al ambiente.
- Establecimiento de una estructura de pago más equitativa.

En Iowa, EE.UU existen cinco opciones de diseño del método de precio basado en la cantidad, disponibles para que las comunidades estadounidenses puedan implementarlas.

#### **8.1.1. Opciones de diseño:**

Bolsa prepagó: las familias adquieren las bolsas oficiales y estandarizadas para depositar su basura en el ayuntamiento o en tiendas detallistas, por las



que pagan cierta cantidad. Estas bolsas tienen capacidad de entre 20 y 30 galones. Solamente se recogen los desechos domiciliarios que se encuentren en este tipo de bolsas.

Etiqueta prepago: Las familias adquieren una etiqueta oficial o sticker pagando por ello. Mediante el pago de la etiqueta se tiene derecho a un contenedor de medida especificada en la etiqueta. Estas etiquetas se compran en el ayuntamiento o en tiendas detallistas. Solamente se recogen los desechos domiciliarios de los contenedores que contengan la etiqueta.

Sistema de suscripción: Las familias firman por un periodo de pago para que le recojan sus desechos de contenedores de medida y cantidad especificados. El cobro se basa en la cantidad de servicio que se escoja, costando más los servicios que permiten coleccionar más desechos. Una vez rebasado el nivel del servicio que se contrata se requiere adquirir etiquetas, bolsas o stickers.

Sistema basado en el peso: Los hogares pagan una cuota fija por kilogramo de basura contenida en los contenedores designados. La basura se pesa a la hora de la entrega o colecta.

Sistema híbrido: un sistema híbrido combina una cuota estándar con alguna forma de cuota por unidad. Los municipios que cuentan con este servicio ofrecen un nivel de servicio básico de recolección; por ejemplo una unidad de basura (un contenedor). Si los desechos sobrepasan este límite, se deberá adquirir algunos de los sistemas anteriores tal como etiquetas, bolsas o stickers (<http://www.iowadnr.gov>).

## **8.2 Sistema Dual Alemán de recolección de desechos**

Como resultado de la ley de 1991, la industria alemana estableció un sistema dual de recolección de desechos la cual recolecta los empaques de los hogares en conjunto con el sistema de recolección municipal. Este sistema, financiado por la industria, es operado en Alemania por el Sistema Dual Alemán (DSD, por sus siglas en alemán).

El DSD solamente recolecta el material de empaque de las empresas que le pagan la cuota por la licencia. De este modo, estas empresas pueden adherir el logo Green Dot a sus productos, para indicar que el empaque debe ser puesto de forma clasificada en las bolsas o contenedores amarillos, de donde serán después recolectados y clasificados por el sistema de recolección del DSD en sus instalaciones.

La cuota de la licencia alemana se calcula mediante el peso de los empaques, el tipo de material del que están hechos y el volumen producido anualmente.

### **8.2.1. El punto verde**

El Punto Verde (Alemania: Der Grüne Punkt) es el símbolo de licencia de una red europea de sistemas financiados por las industrias para reciclar los materiales de empaques de los bienes de consumo. El logo es una marca comercial protegida en todo el mundo. Fue introducido por el Sistema Dual Alemán (DSD) en 1991 después de la introducción de la Ordenanza de Empaquetado y bajo la Ley de Desechos. De acuerdo a la directiva, si una compañía no se une al esquema del Punto Verde, ésta debe recolectar y

reciclar los empaques por si misma; sin embargo, esto es por lo regular casi imposible para los productos en masa y solo es viable para los productores que producen bajos volúmenes.

Desde su introducción en Europa, el programa ha sido implementado en 23 países europeos. Por citar algunos: Francia, Turquía, España, Portugal, Bulgaria, etc. Las compañías que se unen al sistema deben usar el logo. En la actualidad, El Punto Verde es usado por más de 130, 000 compañías, abarcando 460 billones de envases.

¿Cómo funciona el Punto Verde?

La idea fundamental del Punto Verde es que los consumidores que vean el logo, sepan que la empresa manufacturera del producto contribuye por el costo de recuperación y reciclaje. Esto se lleva a cabo mediante los desechos que son recolectados en los hogares por las autoridades, ya sea en bolsas especiales o en contenedores colocados en los lugares públicos como estacionamientos y en las afueras de los supermercados.

Este sistema es financiado mediante una cuota que se cobra por la licencia del Punto Verde a las empresas. El cobro varía por país y se realiza en base al material usado en el empaque (papel, plástico, madera, cartón). Dicho cobro abarca el costo de recolección, separación y reciclaje.

En términos más simples, el sistema motiva a los manufactureros a reducir el uso de empaque de los productos, ya que con esto disminuyen sus costos por el pago de la licencia (<http://www.gruener-punkt.de>).

### **8.3 Sistema de recolección a pie de banqueta**

Este sistema fue introducido por Inglaterra y Australia. Es un servicio que se proporciona a los hogares, principalmente en áreas urbanas y suburbanas para recolectar los desechos domiciliarios. La recolección se realiza a través de vehículos, los cuales pasan a los hogares a levantar los desechos de los contenedores exclusivos para esta tarea, o que son recomendados por parte del municipio.

El sistema de recolección a pie de banqueta se ha convertido en una estrategia para que las autoridades locales puedan recolectar los envases de los productos para el hogar y les permita reciclarlos. De la misma manera, este sistema es considerado como una estrategia de bajo riesgo para reducir los volúmenes de desechos e incrementar la tasa de reciclaje. Los materiales a recolectar son colocados en contenedores grandes, bolsas de colores o en pequeños contenedores cilíndricos, designados específicamente para ese uso.

Los materiales que se recolectan por separado son:

Componentes orgánicos:

- Desechos de jardín
- Desechos de comida
- Papel

## Otros componentes reciclables

- Plásticos: pet del número y contenedores de PVC del número3.
- Vidrio
- Metales (ferrosos y no ferrosos)

Este método ha sido aplicado con éxito en países como Inglaterra, Australia, Estados Unidos, Nueva Zelanda y Canadá, entre otros.

En Calgary Alberta se ha adoptado este sistema usando botes azules para la basura. El sistema acepta todo tipo de material reciclable, incluyendo plásticos 1-7. La recolección se hace semanalmente por un costo de 8 dólares canadienses al mes. El programa es obligatorio.

El municipio de Halifax, en Nueva Escocia, Canadá, con una población de 375,00 habitantes tiene el programa de recolección a pie de banqueta más complejo de Norte América. Basado en el Bote Verde, los residentes tienen la obligación de separar sus desechos y de sacarlos únicamente la semana que le corresponde a cada desecho. Por ejemplo, en la primera semana se levantan los desechos del bote verde con desechos orgánicos y opcionalmente las bolsas naranjas, usadas para los desechos de cocina y otros como los del jardín. En la segunda semana se recolectan todos los desechos no reciclables en bolsas o botes de basura. Las bolsas azules se usan para el papel, plástico y latas, que junto con bolsas de abarrotes conteniendo periódicos, deben de colocarse al pie de la banqueta la semana correspondiente. Durante el verano, debido a la propagación de insectos, el

bote verde se vacía semanalmente. Con este método se ha logrado una tasa de desvío de los desechos que iban a los rellenos sanitarios hasta en un 60%.

### **8.3.1 Críticas**

Debido al tamaño grande de los botes, se promueve la producción excesiva de basura.

Los camiones para la recolección son muy anchos y poco adecuados para los hogares con terrenos de pendientes pronunciadas.

Las autoridades dependen de programas de equipo intensivo en capital y de los proveedores multinacionales.

Los reciclables mezclados no son manejados exitosamente por las estaciones de clasificación automatizadas, por lo que las tasas de desvío son bajas. En algunos casos, esto resulta en montañas de reciclables no clasificados.

## **8.4. Método de las tres R`S**

El método de las tres erres es un proceso que se integra de las actividades de Reducir, Reciclar, Reutilizar. Mediante este método es posible lograr un mejor aprovechamiento de los recursos existentes, ya sean estos naturales o sintéticos. Se puede lograr el reutilizar una o varias veces el mismo producto que consumimos para no gastar y contaminar. De este modo, el reciclaje es de lo más conveniente para la reducción de los costos, y el reducir será consecuencia de aprender, de tener conocimientos y de asimilar una

conciencia ecológica. En la actualidad, este tipo de símbolo vende por que comunica la idea generalizada de tener conciencia ecológica y ser amigables con el medio ambiente.

El método de las tres erres se puede definir como un ciclo representado comúnmente por un triángulo representado con flechas que giran interminablemente y que casi todos los empaques de productos consumibles traen en un lugar visible, esto con el objetivo de dar a entender que el producto es reciclable, ecológico o amigable con el medio ambiente. El ciclo de las tres erres, aunque no tiene principio ni fin, se puede considerar que comienza en el vértice superior del triángulo con la r de reducir, siguen en el vértice inferior derecho con la r de reutilizar y finaliza en el vértice inferior izquierdo con la r de reciclar (<http://catarina.udlap.mx>). Se puede observar el ciclo de las tres erres en la figura 12.

**Figura 12. Método de las tres R`S**



Fuente: <http://catarina.udlap.mx>

### **8.5 Responsabilidad extendida del productor**

La idea de la Responsabilidad Extendida del Productor (REP), reside en aquellos productores que se responsabilizan en cierta forma de una adecuada reutilización, reciclado, y disposición de los productos descartados.

Como resultado, es necesario que las empresas adopten el Estudio del Ciclo de Vida (ECV), una investigación que minimiza el impacto negativo de sus productos en el ambiente a través del ciclo de los mismos. Así también, es imprescindible comenzar a desarrollar nuevos productos que sean menos probables de convertirse en residuos, fáciles de reusar o reciclar, o que impartan menor impacto sobre el ambiente cuando son desechados.

### **8.6 Esquema de reembolso de depósitos**

Otro método usado para reducir los desechos es el esquema de reembolso de depósitos aplicado en ciertas categorías de desechos tales como envases de bebidas. Este sistema es una combinación de un impuesto y un subsidio. Los consumidores del envase tienen el derecho de un reembolso si el empaque o envase es devuelto al vendedor en un punto autorizado (En México se lleva a cabo con algunos envases de vidrio). El consumidor, por lo regular paga una clase de depósito en el lugar de compra, por ejemplo paga un precio alto por el producto. Es importante mencionar que el depósito o reembolso sean lo suficiente alto para motivar a los consumidores a regresar el envase en vez de tirarlo.

Se puede considerar que este método es en muchos casos la mejor solución cuando se desea una tasa de recolección alta. Como lo muestran algunos estudios, muchos de estos sistemas tradicionales para cervezas y bebidas suaves en botellas de vidrio tienen una tasa de reciclado cerca del 100%. El sistema de reembolso de depósitos para las latas de aluminio, así como también otros sistemas de reembolso, ha tenido éxito en países como Dinamarca, EE.UU y Alemania.

Este sistema también se puede aplicar a los acumuladores y llantas de auto. Por ejemplo, en New Hampshire y Maine se cobra un cargo sobre las baterías nuevas al comprarse; sin embargo, cuando los consumidores cambian sus baterías usadas por una nueva, reciben un reembolso. En Oklahoma se cobra un dólar por cada llanta nueva vendida, luego devuelve 50 centavos de dólar a las plantas recicladoras por cada llanta que se procesa.

### **8.7 Programa Cambia Pet-zos**

Este es un programa implementado por la empresa recicladora zona verde, ubicada en el Distrito Federal. A diferencia de las empresas recicladoras tradicionales, en las que se da un cambio monetario por el material reciclable, esta empresa busca promover una cultura de separación y reciclaje en la niñez mexicana con la participación de los padres de familia a través del intercambio de juguetes por los materiales tales como pet, aluminio, cartón y archivo en blanco. La idea surgió en febrero de 2009, y en la actualidad se cuenta con 375 participantes.

El programa cambia Pet-zos consiste en la separación de residuos sólidos desde el hogar con el objeto de mejorar el medio ambiente. Los Pet-zos son cupones equivalentes a \$1.00 por kilogramo de pet, por dos kilogramos de cartón o archivo en blanco y \$8.00 por kilogramo de aluminio. A cada participante se le otorga una planilla, la cual irá llenando con los Pet-zos de acuerdo a la cantidad de material reciclable que lleve el niño o el padre de familia. Una vez que se acumula cierta cantidad de puntos, éstos pueden canjearse por algún juguete cuyo precio sea equivalente a los puntos acumulados. Asimismo, la empresa lleva un registro electrónico de cada participante, de modo que el intercambio sea el correcto.

### **8.8 Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS)**

La gestión integral de los Residuos sólidos domiciliarios implica usar una combinación de técnicas y programas para administrar el flujo de desechos municipales. El sistema se basa en el hecho de que el flujo de desechos está compuesto por distintas componentes que pueden ser manejadas y dispuestas de manera separada.

En este sistema, en lugar de empezar de inmediato con el desarrollo de grandes programas basados en alta tecnología o de fijar expectativas irreales respecto de qué porción del flujo puede ser reciclado, los responsables de la toma de decisiones implantan una serie de programas, cada uno de los cuales está diseñado para complementar otros.

No existe un método universal sobre el buen manejo de los desechos urbanos, el éxito de un determinado sistema depende de la experiencia, los

conocimientos y la dedicación al proyecto que tengan las autoridades locales (Careaga J., 1993: 34).

Para lograr una correcta gestión de residuos sólidos se deben aplicar técnicas, tecnologías y programas de gestión idóneos con metas y objetivos específicos. La jerarquía GIRS permite clasificar la implantación de programas dentro de la comunidad.

### **8.8.1 Reducción en la fuente**

El rango más alto de la jerarquía GIRS, la reducción en origen, implica reducir la cantidad y/o toxicidad de los residuos que son generados en la actualidad. La reducción en origen está en el primer lugar en la jerarquía porque es la más eficaz en reducir la cantidad de residuos, el costo asociado a su manipulación y los impactos ambientales. La reducción de residuos puede realizarse a través del diseño, la fabricación y el envasado de productos con el mínimo de material tóxico, con un volumen mínimo, o con una vida útil más larga. La reducción de residuos también puede realizarse en la vivienda y en las instalaciones comerciales o industriales, a través de formas de compra selectivas y de reutilización de productos y materiales.

### **8.8.2 Reutilización**

Encontrar maneras de reutilizar artículos contribuye a disminuir la cantidad de residuos que requieren disposición final. En lugar de tirar a la basura muchos artículos, principalmente bienes duraderos como electrodomésticos, muebles o ropa, es indispensable encontrarles otros usos alternativos o por ejemplo destinarlos a la venta en los mercados de segunda.

### **8.8.3 El reciclaje**

El reciclaje es una opción que permite extender de manera importante el espacio y la vida útil de los rellenos sanitarios; ahorrar energía y recursos naturales; aportar nuevamente productos útiles para el consumidor y generar otros beneficios económicos; sobre todo, también contribuye a reducir al mínimo el impacto ambiental de la disposición de los desechos sólidos mixtos (olores, emisiones a la atmósfera y producción de lixiviados; a preservar recursos minerales, petroleros y forestales y a conservar agua y energía (Ídem).

A continuación se muestran los principales productos que pueden ser reciclados:

Aluminio. Material 100% reciclable (con este se pueden producir envases iguales a los originales, tales como botes de refresco y/o cerveza). Otros envases que se pueden reciclar al 100% son: el papel aluminio, los moldes para pasteles y pies, así como las charolas para alimentos procesados y congelados.

Acero. Los botes de hojalata (conservas) y de cualquier otro tipo de acero usados para envasar alimentos y otros productos son 100% reciclables, aunque es necesario separar la capa de estaño del acero para poder reusar ambos metales. Los botes desechos pueden usarse para fabricar juguetes artesanales y hacer obras de arte.

Vidrio. Material reciclable al 100%. Para su venta, es necesario que esté separado en colores de producción: transparente, ámbar y verde. Para el

reciclaje deben seleccionarse las botellas y frascos, pero no deben incluirse vasos, jarras, vidrios planos, espejos, moldes para hornear, cristal cortado, ni loza o cerámica.

Papel y cartón. De acuerdo con la longitud de la fibra, el papel y el cartón pueden reciclarse hasta ocho veces. Los productos elaborados con el material reciclable pueden ser: papel periódico, los directorios telefónicos, las cajas de cereal o de zapatos, los cartones para huevo, etc.

Plásticos. A pesar de ser los más difíciles de reciclar, los plásticos pueden ser reconvertidos en madera plástica, la cual se usa para la fabricación de mesas y bancas en parques, postes de señalización, muelles marinos, caballerizas, etc. Los plásticos se clasifican en:

PET (Tereftalato de polietileno)

PEAD (Polietileno de Alta Densidad)

PVC (Poli-Cloruro de Vinilo)

PEBD (Polietileno de Baja Densidad)

PP (Polipropileno) y

PS (Poliestireno)

Laminados y complejos. Los envases de papel/polietileno (por ejemplo, el usado para la leche pasteurizada) y los de papel/aluminio/polietileno de tipo aséptico (usados para leche esterilizada o ultrapasteurizada, vinos o jugos, están siendo reprocesados para recuperar sus materiales constituyentes, incinerados para producir energía o molidos y prensados para fabricar

paneles para la industria de la construcción. Junto con otros materiales como laminaciones y/o coextrusiones más complejas, están siendo reconvertidos a madera plástica (Careaga, 1993: 36-37)..

#### **8.8.4 Tratamientos aeróbicos de los residuos orgánicos**

Los procesos bioquímicos se basan en la degradación de la biomasa por la acción de microorganismos, y pueden dividirse en dos grandes grupos: los que se producen en ausencia de aire (anaeróbicos) y los que se producen en presencia de aire y por consiguiente de oxígeno (aeróbicos).

A continuación se mencionan los tratamientos de residuos orgánicos que se realizan en presencia de aire:

##### **8.8.4.1. Compostaje.**

El compostaje consiste en la transformación de la fracción orgánica de los residuos urbanos mediante una fermentación anaeróbica, mediante la cual se obtiene un producto de características intermedias entre un fertilizante orgánico (abono pobre, en este caso) y una enmienda o regenerador de suelos (Seoáñez 2000: 98).

Las condiciones de fermentación varían según se emplee cualquiera de los numerosos procedimientos existentes en el mercado (fermentación natural o lenta, fermentación acelerada, fermentación forzada, fermentación asistida, etc.).

Siempre se deben controlar la temperatura (del orden de los 60° C), la humedad (del orden de 40 a 65 °C), la aireación (mediante un volteo con maquinaria apropiada, para que no existan condiciones anaerobias), la relación C/N (para conocer ciertas características como fertilizante), el Ph (que evoluciona de 4.5-5 al principio, a 8-9 en pleno proceso y, finalmente, a 7, al madurar el producto) y, por supuesto, la presencia de fracciones ajenas a la orgánica, que muchas veces son la causa del rechazo del compost en sectores que teóricamente lo podrían utilizar en cantidades importantes (Ídem).

Los procesos disponibles en el mercado se indican en las tablas adjuntas.

**Cuadro 7. Composición normal de un compost de residuos urbanos.**

<b>Compuesto</b>	<b>Porcentaje</b>
Materia orgánica total	35-40%
Materia orgánica oxidable	8-10%
P total	0.30-0.50%
N total	0.50-0.60%
K total	0.20-0.30%
CaO	6.50-7.50%
Mn total	0.01-0.20%
Oligoelementos	0.01-0.20%

Fuente: (Seoáñez, 2000)

La composición normal de un compost producido a partir de la fracción orgánica de los residuos urbanos se indica en la tabla siguiente.

**Cuadro 8. Procesos generales de producción de compost.**

Proceso	Tipo	Desarrollo de cada tipo	Duración
Fermentación aerobia	Natural-lenta	Volteos periódicos de aireación	11-16 semanas
		Aspiración de aire	7-10 semanas
		Insulfado de aire	7-9 semanas
		Digestores verticales	
	Forzada- Acelerada	Aspiración	2-6 semanas
		Insulfado	2-6 semanas
		Agitación	3-4 semanas
		Digestores horizontales	
		Aspiración	2-4 semanas
		Insulfado	2-4 semanas
Fermentación anaerobia	Natural	Agitación	2-3 semanas
		Producción en digestor de compost pobre y biogás	3-8 semanas
	Forzada	Producción en digestor de compost	
		pobre y biogás	1-6 semanas

Fuente: (Seoáñez, 2000: 99)

#### **8.8.4.2 Lombricultura.**

La Lombricultura es una biotecnología, la cual utiliza lombrices de tierra como herramienta de trabajo para la transformación de los residuos sólidos orgánicos en productos orgánicos aprovechables; los productos que se obtienen son la lombricomposta y la carne de lombriz. La característica más esencial de la lombricomposta es su alta carga microbiana, la hace un excelente regenerador de suelos. Se calcula la presencia de 2 billones de bacterias por gramo de este producto (Quintero, 2004: 12).

**Cuadro 9. Aporte total de elementos por tonelada de lombricomposta por hectárea.**

<b>Elemento</b>	<b>Nutrientes (kg)/ton/ha</b>
Nitrógeno	16-38
Fósforo	13-20
Potasio	10-13
Calcio	42-46
Magnesio	3.65
Manganeso	0.5
Carbono	0.17
Zinc	0.16

Fuente: (Seoáñez, 2000: 98)

Por otra parte, la lombriz duplica su población de dos a tres meses, y contiene de 60-70% de proteína, 7-10% de grasa, 8-20% de carbohidratos y de 2 a 3% de minerales. Por otra parte, la harina de lombriz se puede usar para elaborar alimentos balanceados comerciales, reduciéndose los costos de producción de un 20-40%. El alimento se utiliza principalmente en la producción de peces y ranas (De Sanzo, 2000: 29-30). Nutriólogas del Instituto Politécnico Nacional (IPN) elaboran con la harina de lombriz, galletas ricas en proteínas y aminoácidos. En la actualidad, en el Centro Universitario de Amecameca se preparan, además de galletas de harina de lombriz: pasteles, tortillas, dulces, panqués y una cápsula medicinal que ayuda a controlar enfermedades como la diabetes, triglicéridos, colesterol, bulimia y anorexia. De acuerdo con los expertos, también ayuda a prevenir infartos (El Universal, enero de 2009).

En la localidad de Santiaguito, Texcoco se ha desarrollado un proyecto en el cual participa la comunidad activamente y en el que se han tenido grandes beneficios ambientales y económicos por la implementación de la

Lombricultura. El tipo de lombriz que se usa es la *Eisenia foetida* o lombriz roja californiana.

**Figura 13. Centro de composteo Santiaguito**



Fuente: Elaboración propia

Los residuos son depositados en los tambos blancos, posteriormente se vacían en las camas de concreto para hacer composta; y después de 20 días se cambian al área de lombrices. Con la lombricomposta que se produce se cultivan algunas hortalizas como se muestra en la figura 13.

Los principales parámetros a tomar en cuenta en la Lombricultura son:

- Humedad: 70-80%

- Temperatura: se aceptan rangos de entre 0-35° C, pero la óptima es de 25° C.
- Aireación: La lombriz prefiere un suelo saturado con agua que con aire.
- Luz: las lombrices prefieren obscuridad, ya que la luz del sol las deseca y las mata.
- pH: son aceptables valores de 5.5–8; sin embargo, el rango óptimo es de 6.8–7.2 (Quintero, 2004: 17).

Precomposteo de los residuos sólidos orgánicos. El precomposteo es la primera etapa en la que se prepara el sustrato para introducir la lombriz. El sustrato que se recomienda para Santiaguito es el estiércol de ganado vacuno. En el precomposteo se presenta la etapa termofílica, en la cual se alcanza una temperatura de hasta 65 °C. De acuerdo a este autor, no existe un calendario específico de los días necesarios del precomposteo para introducir la lombriz, pero cuando las temperaturas han descendido a 25 °C o menos, es el momento apropiado.

Lombricomposteo. Después de que la lombriz ha sido introducida en el sustrato, el cual se deposita en camas de concreto y ladrillo de 1.20 m de ancho por 3m de largo aproximadamente, comienza su alimentación. La lombriz se desarrolla mejor con desechos de frutas dulces debido a la cantidad de azúcares que tienen; sin embargo, en Santiaguito las alimentan con una gran variedad de desechos de frutas y verduras como: naranjas, cáscara de melón, de piña, de pepino, de plátano, de mango, de papaya;

manzana, hojas de elote, cilantro, epazote, hojas de lechuga, ejotes, chícharos, etc.

**Cuadro 10. Producción al día de subproductos.**

<b>Producción en kg al día de la comunidad de Santiaguito</b>				
Habitantes	RSM	RSO	Lombricomposta	Lombriz
1200	840	504	252	50.4

Fuente: (Martínez citado por Quintero, 2004:19)

Considerando que la composición orgánica equivale al 60% de los RSM en Santiaguito, y que al procesarlos estos se reducen al 50%, se pueden llegar a producir 252 kg de lombricomposta al día. La lombricomposta se paga a 1,500 pesos la tonelada, lo que da como resultado una ganancia de 378 pesos diarios. Aún no se cuenta con un mercado para la lombriz; sin embargo, el precio por kilo es de 400 pesos de acuerdo a algunas referencias. Los ingresos mostrados en la localidad de Santiaguito no reflejan todas las ganancias derivadas de la Lombricultura, ya que si bien, no se consideran la reducción de costos por parte del municipio por tratar con este tipo de desechos, lo que incrementaría la entrada de ingresos en caso de considerarlo. Igualmente, no se están considerando los beneficios ambientales por la reducción de las emisiones de bióxido de carbono y metano. Dado lo anterior, el proyecto de Santiaguito es un ejemplo a seguir para reducir los daños que los desechos orgánicos causan al medio ambiente y para generar beneficios económicos (Quintero 204: 46-48).

Este tipo de tratamiento de residuos orgánicos presenta ciertas ventajas sobre el composteo, ya que la lombriz *E. foetida* que se utiliza sólo crece en

materia orgánica, por lo que se tiene que realizar una separación adecuada en la fuente, a diferencia del composteo, en el cual, el producto puede estar contaminado de materiales inorgánicos. Aunado a lo anterior, con la Lombricultura se obtiene un abono orgánico de mejor calidad y biomasa de lombriz. Otro punto importante es que la Lombricultura no requiere de grandes esfuerzos ni de equipo sofisticado para llevarse a cabo; únicamente se deben de tener las condiciones necesarias que requiere *Eisenia foetida*.

#### **8.8.4.4 Tratamiento mecánico biológico.**

Es un tratamiento que se recomienda realizar solamente con el material previsto para la disposición final, siendo compatible con otras formas de tratamiento como la separación de material reciclable y composteo (Wehenpohl *et al.*, 2002: 24).

La parte mecánica consiste en la homogeneización del material, la parte biológica del proceso es similar al composteo para los residuos mezclados, la diferencia está en los objetivos. Mientras con el composteo se quiere producir composta, el tratamiento mecánico-biológico mejora las condiciones para la disposición final. Contrario al composteo, no se interrumpe el proceso de fermentación cuando se alcanzan temperaturas de 70°C ya que se deja alcanzar temperaturas hasta casi 100°C; con esto se obtiene prácticamente un material semi-inerte sin valor como mejorador de suelos.

**Figura 14. Planta de tratamiento mecánico-biológico (São Sebastião, Brasil)**



Fuente: (Wehenpohl, 2002: 25)

**Las principales ventajas de este método son:**

- Alto grado de descomposición de la materia orgánica antes de su disposición
- El tratamiento mecánico disminuye la estructura de los residuos y favorece un alto grado de compactación (Wehenpohl, 2002: 25).

**8.8.5 Tratamientos anaeróbicos**

La digestión anaeróbica es un proceso por el cual el contenido orgánico de la basura es reducido por la acción bacteriológica de microorganismos en ausencia de oxígeno. Del proceso anaeróbico resulta una mezcla de gases (biogás) cuyos principales componentes son el gas combustible metano y el gas dióxido de carbono, quedando como residuo un lodo con características de bioabono, que puede ser utilizado como mejorador del suelo en agricultura.

### **8.8.5.1 Producción de biogás**

La tecnología involucrada en la digestión anaeróbica es esencialmente tan sencilla como su concepto (a excepción de la producción de biogás de vertederos); todo lo que se requiere es de un biodigestor o cámara cerrada de un tamaño apropiado a la cantidad de compuestos disponibles y las necesidades del biogás. La cámara puede ser de cualquier material que impida la penetración del aire para proveer condiciones anaeróbicas (FAO, 1983: 120).

De la generación del biogás se obtienen subproductos como el agua que pasa a través del sistema, la cual contiene un alto contenido de nutrientes en forma de sales disueltas y está disponible como agua limpia para la irrigación. Las sales y otros compuestos que no se disuelven, se concentran en el fondo del digestor; los cuales, al removerlos periódicamente y secarlos al sol, pueden ser utilizados como abono. También puede ser utilizado para la producción de energía. Asimismo, su implementación ayuda a resolver los problemas de nutrición y saneamiento y embellece el medio ambiente (FAO, 1983: 118).

A continuación se mencionan los materiales que pueden ser procesados con esta tecnología:

**Cuadro 11. Desperdicios que pueden ser utilizados en la producción de combustible para energía y abono.**

<b>Desperdicios animales</b>	<b>Alimentos de plantas</b>
Orina	Soya
Sangre	Semillas de algodón
Huesos triturados	Cáscaras de maíz
Cultivos animales	
Pedazos de pescado seco	<b>Desperdicios vegetales</b>
	Heno, grama
<b>Estiércol</b>	Heno, alfalfa
Excremento humano	Heno, grama azul
Orina humana	Algas
Pollo	
Ovejas	<b>Vegetales no leguminosos</b>
Cerdos	Trébol rojo
Caballos	Paja de avena
Ganado	Paja de trigo
	Aserrín
<b>Residuos</b>	
Milorganita	<b>Desperdicios sin tratamiento</b>
Activado	
Cloaca nueva	

Fuente: (FAO, 1983: 125)

Equivalencia del biogás: Un metro cúbico de biogás pesa entre 1 y 1.1 kg. Su valor energético es equivalente a: 1.25 kWh de electricidad, 0.7 litros de petróleo, 0.6 litros de diesel, o el trabajo de un motor de 2 HP durante una hora. Un metro cúbico de biogás provee combustible para un camión de 2 ½ toneladas para 2.7 kilómetros o para cocinar tres comidas para una familia de 5 personas (FAO, 1983: 125).

**Cuadro 12. Cantidad de biogás que puede ser producido por varios desperdicios comunes.**

<b>Estiércol</b>	<b>Pies<sup>3</sup>/lb de materia seca</b> (total de sólidos)
Cerdos	6.0 - 8.0
Pollos	6.0 - 13.2
Ganado (India)	.1 - 4.7
Cloaca convencional	6.0 - 9.0

Fuente: (FAO, 1983: 121)

### Datos para la planificación de construcción

Capacidad necesaria del digestor familiar: 1-2 m<sup>3</sup> por miembro de cada familia. Para familias de 3-5 personas se calcula 2 m<sup>3</sup> por persona; para familias de más de 5 personas se calcula 1.5 m<sup>3</sup> por persona, y para familias muy grandes entre 1-1.5 m<sup>3</sup> por persona. En climas tropicales calientes la capacidad puede ser algo menos.

Cada m<sup>3</sup> del digestor produce 0.15 – 0.25 m<sup>3</sup> de biogás por día en los trópicos. En climas subtropicales la producción diaria puede alcanzar 0.2 m<sup>3</sup> por m<sup>3</sup> de digestor en el verano.

### Estimación de necesidades del biogás

Para cocinar se requieren 0.2-0.4 m<sup>3</sup> por persona por día

Para iluminar se requieren 0.07 m<sup>3</sup> por lámpara por hora

La generación de electricidad requiere 0.9-1.1 m<sup>3</sup> por cada kWh de producción.

**Cuadro 13. Rendimientos de materia prima de digestión.**

<b>Estiércol de</b>	<b>Kg / día</b>	<b>% humedad</b>	<b>m<sup>3</sup> gas / kg</b>	<b>m<sup>3</sup> gas / animal por día</b>
Bovino	10	83	0.037	0.368
Puerco	2.3	96	0.064	0.147
Gallina	0.18	30	0.05	0.009
Hombre	0.4	80	0.071	0.028

Fuente: (FAO, 1983: 125)

**Cuadro 14. Características de algunas materias primas**

Materia	% C	% N	C/N	m <sup>3</sup> biogás por ton.	% CH <sub>4</sub>
Estiércol bovino	7.3	0.29	25	250-280	50-60
Estiércol porcino	7.3	0.6	13	550-590	
Estiércol equino	10	0.42	24	200-300	
Estiércol ovino	16	0.55	29		
Excreta humana	2.5	0.85	3		
Paja de cereales	46	0.53	87	300-350	55-60
Hojas de árboles	41	1	41	200-300	55-60
Residuo de aguas negras				600-650	50

Fuente: (FAO, 1983: 125)

### Construcción

La construcción de una unidad con digester tipo familiar chino requiere alrededor de 20-25 hombres / día para un digester de 6 m<sup>3</sup>; unos 25-35 hombres / día para uno de 10 m<sup>3</sup>.

### Materiales necesarios para un digester de 10 m<sup>3</sup>:

Ladrillos 1, 200 – 1, 400

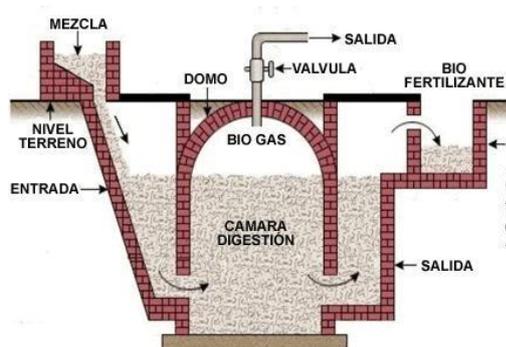
Cemento 4 – 6 bolsas

Cal viva 200 – 300

Arena 1 1/2 – 2 m<sup>3</sup>

Grava fina 0.6 – 1 m<sup>3</sup>

**Figura 15. Biodigestor chino**



Fuente: (FAO, 1983)

### Factores limitantes

- Temperatura, óptima 30 – 35° C sin grandes fluctuaciones
- El proceso requiere exclusión de aire del sistema
- Relación C/N de la materia prima, alrededor de 20 – 25
- Suficiente humedad. La materia prima debe contener aproximadamente el 90% de humedad al entrar en el digestor, sino se acidifica rápidamente y se forma espuma densa en la superficie
- pH óptimo de la materia prima entre 7 y 8.5 (FAO, 1983: 126).

#### **8.8.5.2 Producción Producción de bioetanol a partir de la celulosa de los RSM.**

Mediante una combinación entre regulación gubernamental y compañías privadas se podría implementar un manejo estándar de energía para la producción de etanol utilizando los residuos sólidos municipales. El utilizar los desechos de los rellenos sanitarios para la producción de etanol a partir de la celulosa de los materiales que no se descomponen en los rellenos sanitarios convencionales resulta mucho más eficiente que usar granos u otros compuestos agrícolas. Productos tales como la comida, sobras de bebidas, los pañales, desechos domiciliarios, productos de metales y petróleo, periódicos, materiales peligrosos de hospitales y aeropuertos; así como también bagazo de caña, residuos de árboles, semillas, y toda clase de desperdicios agrícolas depositados en los rellenos son convertidos en etanol en tan solo 24 horas, mientras que la producción de etanol con granos tarda hasta siete días (<http://www.centurymarc.com>).

A pesar de que los desechos de los rellenos se están convirtiendo en un problema a nivel mundial, éstos pueden ser la materia prima para la producción de etanol. El etanol producido a partir de la celulosa no es una alternativa, es una solución; una fuente de energía que puede ayudar a reducir el calentamiento global, a disminuir la contaminación del aire y a obtener otras fuentes de energía (Ídem).

#### **8.8.6 La incineración con recuperación de energía**

La incineración se define como un proceso de combustión destinado a consumir el residuo urbano crudo, fracciones de él o rechazos procedentes de separación de fases y de tratamientos previos (Seoáñez, 2000: 98).

En cualquiera de los casos, se puede realizar el proceso simple o se puede recuperar energía como se indica en el cuadro 15.

La incineración es aconsejable como sistema en cualquiera de los casos siguientes:

Climatología adversa gran parte del año

Si se dispone de poco territorio y este es caro.

Si existen problemas graves de paisaje

Si la energía es cara en la zona

Si es una parte de un tratamiento integral de los residuos urbanos.

Si no existe un fuerte rechazo social al procedimiento

Si resulta rentable la instalación

Este sistema se está implementando en países de la Unión Europea, a excepción de España por causas sociopolíticas principalmente.

La incineración recibe como materia prima: metales, vidrio, papel, cartón, gomas, textiles, madera, plásticos, entre otros.

Asimismo, las instalaciones variarán si se va a producir solo vapor para calefacción (baja presión), o si se va a necesitar vapor a alta presión para generar energía eléctrica. Así también, los residuos de la incineración tales como escoria, cenizas, humus e inertes pueden constituir del 15 al 40% del total de la materia prima inicial.

Elementos de una planta incineradora de residuos urbanos

- Foso receptor
- Tolvas de carga del horno
- Horno (u horno-caldera si se produce energía)
- Cámara de combustión
- Inyección de aire (aire comprimido)
- Circuito de agua
- Turbo grupo (si se produce energía)
- Sistema de depuración de gases (lavadores, etc.)
- Sistema de evacuación de gases (chimenea)
- Sistema de captación de partículas
- Sistema de enfriamiento de escorias y cenizas
- Sistema de estabilización (e inertización) de escorias y cenizas

- Vertedero controlado (relleno sanitario) o similar que pueda recibir los residuos (escorias, cenizas, etc.).

A pesar de que gracias al avance científico las emisiones resultantes de este tipo de tecnologías se han reducido, aún presenta problemas ambientales.

La capacidad de una planta incineradora productora de energía eléctrica debe tener una capacidad de procesamiento mínima de 30,000 ton de residuos urbanos/año, ascendiendo esta cifra en los países avanzados de 50,000-60,000 ton/año. Las temperaturas óptimas son de 1200-1400 °C para que se lleve a cabo la destrucción de las dioxinas y los furanos.

Los desechos urbanos se deben tratar mediante sistemas que los transformen, reduzcan volumen y permitan diversos aprovechamientos (Seoáñez, 2000: 99-100).

**Cuadro 15. Sistemas químicos básicos de tratamiento de residuos urbanos**

<b>Sistema</b>	<b>Proceso</b>	<b>Inconvenientes</b>
Pirólisis	Combustión incompleta de los residuos urbanos. Proceso en falta de oxígeno. Carbonización de los residuos. Reducción del 90% del volumen inicial. Se genera gas utilizable en el propio proceso	Los líquidos residuales contienen alquitranes y otros productos, y deben ser tratados en una planta apropiada.
Oxidación de la fracción orgánica	Transformación de la materia orgánica en combustible mediante su oxidación en medio acuoso en presencia de aire y oxidantes	Costo
Hidrogenación de la fracción orgánica	Tratamiento mediante calor (400° C), agua, CO y 300 atmósferas de presión en presencia de catalizadores	Costo

Fuente: (Seoánez, 2000: 100)

### **8.8.7 Relleno sanitario**

A pesar de la eficiencia de los sistemas anteriores, siempre habrá la necesidad de confinar residuos finales no combustibles o no reciclables, por lo que se requerirá contar con espacios apropiados para que operen como rellenos sanitarios. Los rellenos sanitarios modernos son muy seguros, tienen complejos sistemas de control de emisiones líquidas y gaseosas y dispositivos de monitoreo continuo. Del mismo modo, en muchos de estos rellenos sanitarios se están utilizando técnicas de recuperación del metano para su comercio. La desventaja que presenta este tipo de sistemas es que requiere de una gran inversión y de espacio suficientes (Careaga, 1993: 37).

## **CAPÍTULO IX RESULTADOS DEL MODELO ECONÓMICO**

En este capítulo se muestran los resultados del MVCR y de la disposición a pagar de los habitantes de Texcoco por una mejora en el manejo de los residuos sólidos municipales. También se describen las pruebas de significancia para dicho modelo y se muestra el intervalo de confianza para la DAP. Finalmente se hace un análisis descriptivo de las variables más importantes de la encuesta y de las que no se incluyen en el modelo econométrico.

### **9.1 Resultados del modelo Logit y de la DAP**

Se hizo una regresión para la variable dependiente DAP utilizando un modelo de elección binaria Logit. A partir de esta estimación, de la aplicación de pruebas estadísticas y de la combinación de diferentes variables, se identificaron las variables más significativas y se eliminaron aquellas menos significativas.

## Cuadro 16. Análisis del modelo Logit

### Modelo Logit Binario. Estimación de parámetros obtenidos por máxima verosimilitud

Variable dependiente	Y
Variable de peso	Ninguna
Número de observaciones	402
Iteraciones completadas	7
Función de máxima verosimilitud	-177.5856
Número de parámetros	12
Criterio de información: AIC =	0.94321
Muestra finita AIC: =	0.94521
Criterio de información: BIC =	0.99045
Criterio de información: HQIC	0.99045
Máxima verosimilitud restringida	-272.1625
Pseudo-R <sup>2</sup> de McFadden	0.3475015
Chi cuadrada	189.1537
Grados de libertad	11
Prob[Chi cuadrada > valor] =	0.0000
Chi cuadrada Hosmer-Lemeshow	7.90835

Valor de P = 0.34075 con 7 grados de libertad

Fuente: Elaboración propia a partir de la salida del programa N-Logit

## 9.2 Pruebas de significancia

Con la finalidad de corroborar si la probabilidad de aceptar un sistema de reciclaje mediante una cuota puede ser explicada por las variables incluidas en la regresión se realizaron las siguientes pruebas de significancia al modelo econométrico:

Prueba de Hosmer-Lemeshow (HL). Si La prueba de HL es mayor de 0.05, como se desea para modelos con buen ajuste, entonces no se rechaza la hipótesis nula de que no hay diferencia entre los valores observados y los predichos, lo que implica que la estimación del modelo se ajusta a los datos en un nivel aceptable; es decir, los modelos de buen ajuste muestran insignificancia sobre la prueba de bondad de ajuste de HL, asumiendo de

esta forma que las predicciones del modelo no difieren de los valores observados. Para el caso de este modelo el valor obtenido es de 0.34075, por lo que no se rechaza la hipótesis nula.

Pseudo-R2 de McFadden . Con respecto a la bondad de ajuste del modelo, la Pseudo-R2 de McFadden es alta. Ésta también se conoce como “índice de cociente de verosimilitudes y se define como:

$$R_{MF}^2 = 1 - \frac{\ln L_{NR}}{\ln L_R}$$

Donde  $L_{NR}$  indica la función de verosimilitud del modelo estimado y  $L_R$  la de un modelo restringido con coeficientes  $\beta_j = 0$ . Si en el modelo  $L_{NR} = L_R$ , todos los coeficientes  $\beta_j$  estimados serían cero, y el  $R_{MF}^2 = 0$ . El estadístico se acerca al valor 1 cuando la función de verosimilitud del modelo estimado (no restringido) se acerca a su valor máximo (igual a uno) y, por tanto, con un valor del logaritmo igual a cero; aún así, su valor tiende a ser mucho más bajo que R-cuadrado, y un número bajo no necesariamente implica un modelo que se ajuste pobremente. Valores entre 0.20 y 0.40 son considerados muy satisfactorios.

Criterio de Información de Akaike (AIC). Esta es otra medida de la bondad de ajuste, el cual se define como:

$$AIC = -2 \ln L + 2K$$

Donde L es la verosimilitud del modelo estimado y K es el número de parámetros en el modelo. El valor de L será mayor cuanto mejor sea el ajuste, mientras que tendrá un valor más cercano a 0 cuando el ajuste sea

malo. Por ello, cuanto menor sea el valor de AIC mejor será el ajuste del modelo.

Prueba de chi-cuadrada. Dado que el p-valor obtenido de la chi cuadrada es igual a 0 (lo que equivale a la F calculada), se rechaza la hipótesis nula de que los parámetros son iguales a 0 y se concluye que como mínimo, 1 coeficiente es distinto de cero.

**Cuadro 17. Parámetros obtenidos para el modelo econométrico.**

<b>Variable</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Error estándar</b>	<b>b/St.Er.</b>	<b>P[ Z &gt;z]</b>
Constante	-0.677523	0.91503689	-0.74	0.4590
PREC	-0.134906	0.01759564	-7.667	0.0000
PROBAS	0.3600127	0.27227783	1.322	0.1861
PAGSER	0.0574478	0.01990937	2.885	0.0039
AMRECI	0.2741676	0.28619684	0.958	0.3381
SEPBAS	0.3443949	0.16485272	2.089	0.0367
GENE	0.3858217	0.28043787	1.376	0.1689
PERSHO	0.0624469	0.06799835	0.918	0.3584
CAS	0.4744556	0.32836263	1.445	0.1485
EDAD	-0.323001	0.13122507	-2.461	0.0138
EDUC	0.1900665	0.14963612	1.27	0.2040
INGRE	1.3302948	0.22216329	5.988	0.0000

Fuente: Elaboración propia a partir de la salida del programa N-Logit

De las 11 variables utilizadas en el modelo 5 son significativas,  $b/St.Er. > 2$  y  $P[|Z|>z] < 0.01, 0.05$  respectivamente . Las variables PREC e INGRE son significativas al 99% ( $P[|Z|>z] < 0.01$  ) de confianza. Las variables PAGSER, SEPBAS y EDAD lo son al 95% ( $P[|Z|>z] < 0.05$  ).

### Cuadro 18. Valor de la predicción.

**Predicciones para el modelo de elección binaria. Los valores predichos son igual a 1 cuando la probabilidad es mayor que 0.500000, y 0 cuando es menor.**

Valor actual	Valores predichos		Total
	0	1	
0	114 (28.4%)	51 (12.7%)	165 (41%)
1	36 (9.0%)	201 (50.0%)	237 (59%)
Total	150 (37.3%)	252 (62.7%)	402 (100%)

Fuente: Elaboración propia a partir de la salida del programa N-Logit

La función de máxima verosimilitud es alta (-177.5856 ) y estadísticamente significativa; lo que implica que la probabilidad a aceptar un sistema de reciclaje mediante una cuota puede ser explicada por las variables incluidas en la regresión.

Igualmente, el modelo predice correctamente 315 (114+201) de 402 observaciones o 78.3 %, lo cual indica una buena capacidad de predicción, su expresión es la siguiente:

$$\begin{aligned}
 \Pr(Y = 1) = & - 0.677 - 0.134PREC + 0.360PROBAS + 0.57PAGSER \\
 & + 0.274AMRECI + 0.344SEPBAS \\
 & + 0.385GENE + 0.062PERSHO + 0.474CAS \\
 & - 0.323EDAD + 0.190EDUC + 1.33INGRE
 \end{aligned}$$

Por otra parte, los signos del modelo son consistentes con la teoría. Por ejemplo, el signo que acompaña a la variable PREC de precio es negativo, señalando la relación inversa entre el valor de la tarifa a pagar por la implementación de un sistema de reciclaje y la probabilidad de responder afirmativamente a la pregunta de pago. Esta variable es significativa con un 99% de confianza.

El signo positivo de la variable PROBAS indica que la probabilidad de aceptar el sistema de reciclaje aumenta a medida que las personas consideran el problema de la basura como muy grave. Lo mismo sucede con la variable PAGSER, ya que entre más paguen las familias por tirar su basura, mayor será la probabilidad de responder SI a la pregunta de la DAP. Esta variable, al igual que la variable PREC, es significativa con un 99% de confianza.

El signo positivo de las variables SEPBAS, GENE, PERHO y CAS, indican que a medida que se separa la basura, se es mujer, se tienen más personas en el hogar, y que la casa es propia, se va a aceptar la respuesta afirmativa a la pregunta de pago. Cabe mencionar que la variable SEPBAS es significativa con un 95% de confianza.

El signo negativo de la variable EDAD implica que entre más grande de edad son las personas, menor es la probabilidad de aceptar la respuesta afirmativa de pago. Esto se debe principalmente a que casi todas las personas mayores dependen de sus familiares o solo perciben una pequeña pensión. Esta variable es significativa con un 95% de confianza.

El signo positivo de la variable EDUC significa que a mayor nivel de estudios, más alta es la probabilidad de responder SI a la pregunta de la DAP. El hecho de que esta variable no sea significativa se debe a que muchos entrevistados con licenciatura ya están jubilados, por lo que no pueden pagar la cuota propuesta.

### **9.3 Valoración económica del sistema de reciclaje integral en Texcoco.**

En base al modelo aplicado se obtuvo una DAP promedio por hogar de 27.18 pesos semanales, calculada a partir de las 402 encuestas aplicadas en la zona de estudio. Este valor representa la variación compensada (Azqueta, 1994: 30). Para calcular los beneficios generados se multiplica la DAP media calculada por hogar por el total de hogares, los cuales suman un total de 47,679, por lo que se obtendrían beneficios totales de 1, 295, 915 pesos semanales. Este cálculo es una valoración del problema ambiental de la basura por parte de los habitantes de la ciudad de Texcoco y representa lo que las personas estarían dispuestas a pagar por tener una mejor calidad ambiental, aunque el servicio de recolección de residuos domiciliarios es responsabilidad del municipio, como ya se mencionó en el capítulo VII. Esto no significa que los usuarios del servicio estén exentos de participar en dicha actividad, ya que en el mismo capítulo se menciona que el propio municipio tiene la facultad de autorizar conforme a las normas locales y a las Normas Oficiales Mexicanas el funcionamiento del sistema de recolección, así como la preservación y restauración del equilibrio ecológico.

### **9.4 Efectos marginales**

Para determinar el efecto de cada una de las variables independientes sobre la probabilidad de aceptar el pago se consideran los efectos marginales de éstas sobre la variable dependiente. Esto es debido a que no se utilizó un modelo lineal. El cálculo de estos efectos se realizó utilizando el programa EXCEL 2010.

En el modelo econométrico se plantea la variable binaria definida como:

$$Y = \begin{cases} 0 & \text{si el entrevistado no acepta el pago por el reciclaje.} \\ 1 & \text{si el entrevistado está dispuesto a aceptar el pago.} \end{cases}$$

A su vez, existe una variable latente  $Y^*$ , definida como la utilidad en cada elección o como la propensión o capacidad de escoger una u otra elección, lo cual servirá de puente entre lo observable y lo no observable.

$Y^*$ : variable latente que denota la elección neta de aceptar el pago por adoptar el reciclaje, la cual depende de las variables definidas en el cuadro 4.

El mecanismo de elección es el siguiente:

$$Y = \begin{cases} 0 & \text{si } Y^* \leq 0 \\ 1 & \text{si } Y^* > 0 \end{cases} \quad \text{donde,}$$

$$Y^* = B'X + u_i$$

Con  $u_i$ , el término de perturbación aleatoria, si  $F(\beta'X)$  es la función de distribución acumulada de  $u_i$ , la decisión probabilística vendrá dada por:

$$\begin{aligned} \Pr(Y = 1) &= \Pr(Y = \beta'X + u_i > 0) \\ &= \Pr(u_i > -\beta'X) = 1 - F(-\beta'X) \\ &= F(\beta'X) \end{aligned}$$

Dependiendo de la distribución elegida (normal o logística) se utilizan los siguientes modelos:

Si

$$F(\beta'X) = \frac{1}{1 + e^{-\beta'X}} = \Lambda(\beta'X) = \text{Logit}$$

$$F(\beta'X) = \int_{-\infty}^{\beta'X} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp(-t^2/2) dt = \Phi(\beta'X) = \text{Probit}$$

Dado que los parámetros del modelo no son los efectos marginales, es necesario calcular dichos efectos marginales, en este caso:

$$\frac{\partial \Pr(Y=1)}{\partial X_k} = \frac{\partial [F(\beta'X)]}{\partial X_k} = f(\beta'X)\beta_k$$

Para la función de distribución logística (en este caso se utilizó un modelo Logit), la forma funcional del efecto marginal para las variables categóricamente ordenadas tiene la siguiente forma:

$$\frac{\partial \Pr(\beta Y=1)}{\partial X_k} = \frac{\partial \wedge(\beta'X)}{\partial X_k} = \wedge(\beta'X)[1 - \wedge(\beta'X)]\beta_k$$

Siendo  $\wedge(\hat{a}'X) = 1/(1 + \exp(-\hat{a}'X))$  la función de distribución logística.

Dado que estos valores varían con los valores de X, en este caso se utilizan las medias de los regresores; es decir, se calculan los efectos marginales para el entrevistado promedio.

Para el caso de las variables explicativas dicotómicas, el análisis del efecto de una variación en la variable se mide a través de la diferencia entre los valores proporcionados por:

$$E\langle Y=1 | X_k=1 \rangle - E\langle Y=1 | X_k=0 \rangle$$

Si una variable  $X_j$  está en el modelo tanto en forma lineal como en forma cuadrática el efecto marginal debe ser construido de la forma:

$$\frac{\partial \Pr(Y=1)}{\partial X_j} = f(\beta'X)(\beta_j + 2\beta_j X_j) \quad (\text{Uribe, 2006: 94-95})$$

**Cuadro 19. Efectos marginales del modelo econométrico**

<b>VARIABLE</b>	<b>EFEECTO MARGINAL</b>
PREC	-0.03007
PAGSER	0.03007
PROBAS	0.01281
AMRECI	0.07966
SEPBAS	0.06086
GENE	0.08673
PERSHO	0.01392
CAS	0.10977
EDAD	-0.072
EDUC	0.04237
INGRE	0.29655

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a los datos obtenidos de los efectos marginales se puede observar que la probabilidad de pago disminuye en un 3% cuando aumenta el precio en una unidad; sin embargo, aumenta en 3% por cada peso que las personas pagan por que se les brinde el servicio de recolección de desechos domiciliarios. Esta probabilidad de pago también aumenta en 1% a medida que se considera el problema de la basura como muy grave, en un 7% cuando se tiene a un amigo o familiar que recicle, en un 6% por cada persona adicional que separa su basura en la ciudad, en un 8% si la decisión de pago la toman las mujeres y no los esposos, en 1% por cada persona adicional en el hogar y en 10.9% si la casa de quien toma la decisión de adoptar el sistema de reciclaje es propia.

En contraste a lo anterior, la probabilidad de pago disminuye en 7% a medida que la persona es mayor de edad o que sube un nivel en la edad de acuerdo a la encuesta.

La variable educación tiene un efecto positivo, ya que a medida que la educación aumenta en un nivel (digamos de prepa a licenciatura), la probabilidad de pago aumenta en 4%. La variable ingreso es la que más influye en el modelo, ya que por cada nivel en el ingreso de forma ascendente de la persona entrevistada, la probabilidad de la respuesta afirmativa  $Pr(Y=1)$  aumenta en un 29.6% (ver la encuesta que se anexa al final).

Estos resultados permiten realizar un diagnóstico de los factores socioeconómicos que influyen en la decisión de las personas para adoptar un sistema de reciclaje en el cual separen su basura desde el hogar, por lo que deben ser considerados por cualquier política enfocada a combatir el problema de la generación de residuos sólidos. Por ejemplo, el hecho de que haya más personas que separen su basura en casa o el hecho de tener un amigo o familiar que la separe antes de entregarla a los camiones recolectores aumenta la probabilidad a aceptar el sistema de reciclaje, por lo que las políticas tendrían un mayor efecto sobre esta actividad si se buscara concienciar a ciertos grupos específicos sobre la separación de la basura en el hogar. Una forma de lograr este objetivo es involucrar primeramente a las personas que reciben algún subsidio por parte del gobierno, como aquellas que pertenecen al Programa de Desarrollo Humano (Oportunidades), y posteriormente a la población en general, sobre todo a los estudiantes y maestros en las escuelas y a los habitantes de las localidades mediante la ayuda de personal que realice algún tipo de servicio social, el cual puede capacitarse en este tipo de actividades para que después instruya a la población.

Así también, se deben de coordinar esfuerzos entre gobierno, instituciones educativas, privadas o gubernamentales y sociedad, ya que de lo contrario, cualquier propuesta que se emprenda estará destinada al fracaso.

En la adopción del sistema de reciclaje se debe de considerar una cuota especial para las personas de la tercera edad o subsidiarlos, ya que éstas no están dispuestas a aceptar el pago debido a que subsisten con pequeñas pensiones o con los apoyos que reciben de sus familiares.

### **9.5 Cálculo del intervalo de confianza para la media de la DAP**

El caso más simple y estudiado para estimar el parámetro de una población es el de la estimación de la media. El problema de estimar únicamente la media se argumenta en el hecho de considerar una de las dos situaciones, las cuales se describen como sigue: los datos son independientemente tomados de:

- Una población normal con una desviación estándar desconocida o,
- Una población desconocida con una desviación estándar desconocida.

Decir que una población y una desviación estándar son desconocidas es una forma imprecisa de decir que no se conoce nada sobre la población más allá del hecho de que se cree que tiene una desviación estándar finita, aún cuando algunas poblaciones no tienen desviaciones estándar finitas (Duckworth et al., 2008: 1).

Para los dos casos anteriores, la solución no es obtener únicamente un estimador, sino también un intervalo de confianza para la media (Duckworth et al., 2008:2).

Los métodos tradicionales para el cálculo de los intervalos de confianza se basan en el hecho que la población se distribuye como una normal; sin embargo, cuando ésta no se comporta de esta forma, o se desconoce dicha distribución es necesario usar otros métodos como los métodos de remuestreo o el bootstrap, además de que estos son más precisos que los métodos clásicos (Ídem).

Para este estudio en particular se utilizó el método bootstrap, con el que se obtuvieron los intervalos de confianza de la media de las disposiciones a pagar.

El método bootstrap se basa en el remuestreo con reemplazo obtenido de una muestra, con el que se calculan los parámetros requeridos a partir de muestras repetidas. Los valores de estos parámetros se pueden usar para generar errores estándar e intervalos de confianza.

#### Método estándar del bootstrap.

Si se denota  $\bar{Y}(i)$  como la media de  $Y(i), i = 1, 2, \dots, n$ , donde  $Y(i)$  es la  $i$ ésima muestra de la muestra original y  $n$  es el número de iteraciones realizadas aleatoriamente se tiene que:

$$\bar{u}_{bootstrap} = \frac{\sum_{i=1}^B \bar{u}_{Y(i)}}{n}, \text{ y } S_{bootstrap} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^B (\bar{Y}(i) - \bar{u}_{bootstrap})^2}{n-1}}$$

Por lo tanto, un intervalo de confianza de  $100(1 - \alpha)\%$  para  $u_Y$  es igual a:  $\bar{u}_{bootstrap} \pm Z_{\alpha/2} S_{bootstrap}$ , donde  $Z_{\alpha/2}$  es el cuantil superior de  $\alpha/2$  de la distribución normal estándar (Wang y Li, 2003:346).

### El método del percentil

A partir de datos ordenados ascendentemente  $\bar{u}_Y[i], i = 1, 2, \dots, n$ , el intervalo de confianza para  $u_Y$  es igual a  $\bar{u}_Y[\alpha/2xn] \leq u_Y \leq \bar{u}_Y[1 - \alpha/2xn]$  donde  $\bar{u}_Y[r]$  es el  $r$ ésimo elemento ordenado  $\bar{u}_Y[i]$  (Ídem).

Para llevar a cabo este procedimiento se realizó un muestreo simple con 5,000 iteraciones usando el método del percentil y un nivel de confianza de 95%. En el cuadro 20 se muestran los resultados obtenidos del programa PASW.

**Cuadro 20. Intervalo de confianza de la media**

DESCRIPCIÓN	INTERVALO	ESTADÍSTICO
Media		27.1820
Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	25.8567
	Límite superior	28.5434
Media recortada al 5%		26.0585
Varianza		187.704
Desv. típ.		13.7005
Mínimo		6.1113
Máximo		91.38
Rango		84.75
Curtosis		2.922

Fuente: elaboración propia

Como puede observarse en el cuadro 20, el intervalo de la media de la DAP se encuentra en 25.8 y 28.5 pesos semanales.

### **9.6 Resultados de las variables descriptivas**

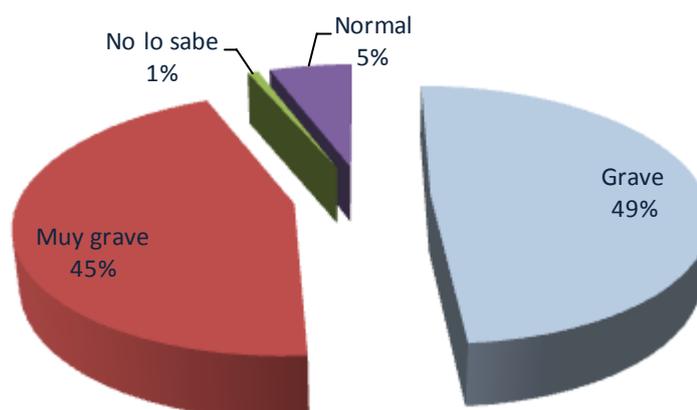
Del total de entrevistados 120 personas (el 29% del total) correspondió a personas de edades de 36 a 45, siguiendo en segundo lugar las personas con edades de 26 a 35. Asimismo, el nivel educativo predominante fue el de preparatoria con 130 personas (el 32.3% del total). Con respecto al nivel de ingreso, el 51.2% de los entrevistados gana menos de 4000 pesos al mes, y el 31.3% de 4 a 7 mil pesos.

### Cuadro 21. Estadísticas descriptivas

Variable	Media	Desv. estándar	Mínimo	Máximo	Casos	Perdidos
Y	0.589552	0.492528	0	1	402	0
PREC	22.1144	9.11313	10	40	402	0
PROBAS	0.452736	0.498381	0	1	402	0
PAGSER	4.59701	8.66252	0	50	402	0
AMRECI	0.465174	0.499407	0	1	402	0
SEPBAS	2.27612	0.8769	1	3	402	0
GENE	0.584577	0.493409	0	1	402	0
PERSHO	4.44776	2.00337	1	18	402	0
CAS	0.788557	0.40884	0	1	402	0
EDAD	2.92786	1.17635	1	5	402	0
EDUC	3.6393	1.15257	1	6	402	0
INGRE	1.79104	1.08773	1	7	402	0

Fuente: elaboración propia a partir del programa N-Logit

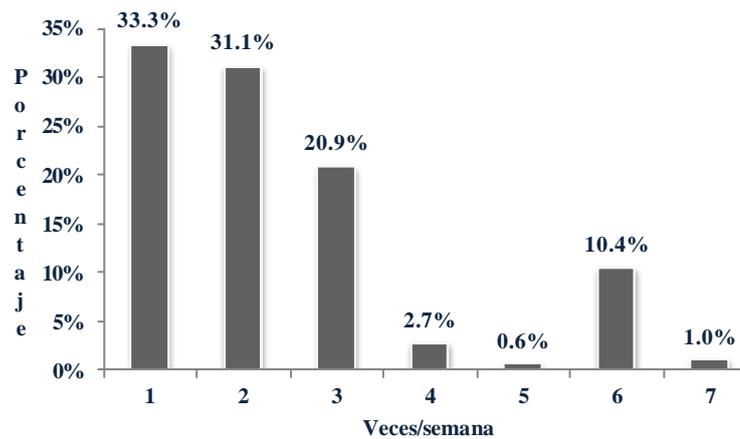
**Figura 16. Opinión de los entrevistados sobre el problema de la basura**



Fuente: Elaboración propia

En la figura 16 se muestra que la población del municipio de Texcoco está consciente de lo que implica el problema de la basura, ya que más del 90% de la población considera el problema entre grave y muy grave.

**Figura 17. Frecuencia semanal de la población para tirar su basura**

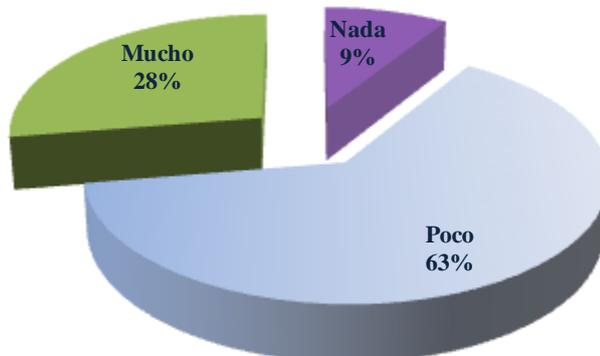


Fuente: Elaboración propia

En la figura 17 se puede observar la frecuencia semanal para tirar la basura, la cual es de 1 a 2 veces por semana. Cabe mencionar que la frecuencia normal es de 2 a 3 veces; sin embargo, en la mayoría de los lugares alejados del centro el servicio de recolección de limpia pública pasa solamente 1 vez por semana.

A partir de los datos analizados se obtuvo que en Texcoco se generan 0.55 kilogramos de basura per cápita al día, dando un total de 116 toneladas diarias, de las cuales el 29% corresponde a materia orgánica, el 34% a material reciclable como vidrio, cartón, papel, plástico, aluminio, entre otros y el 37% corresponde a material no reciclable.

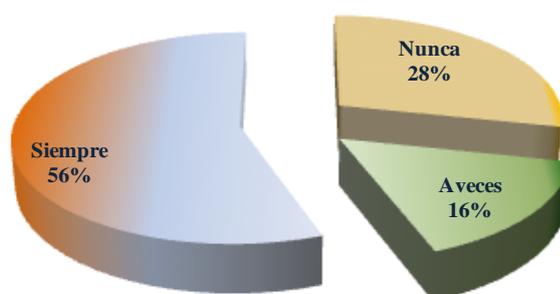
**Figura 18. Conocimiento de la población sobre el reciclaje**



Fuente: Elaboración propia

La figura 18 muestra la falta que hace impartir campañas con respecto al reciclaje, ya que más del 70% de la población desconoce esta actividad. Cabe mencionar que algunas personas del servicio de limpia pública argumentan que ya se han realizado algunos intentos por parte del municipio por dar a conocer el reciclaje; sin embargo, al no darle secuencia a dicha actividad, y al no coordinarse esfuerzos con las instituciones y la población, esta actividad resulta inútil.

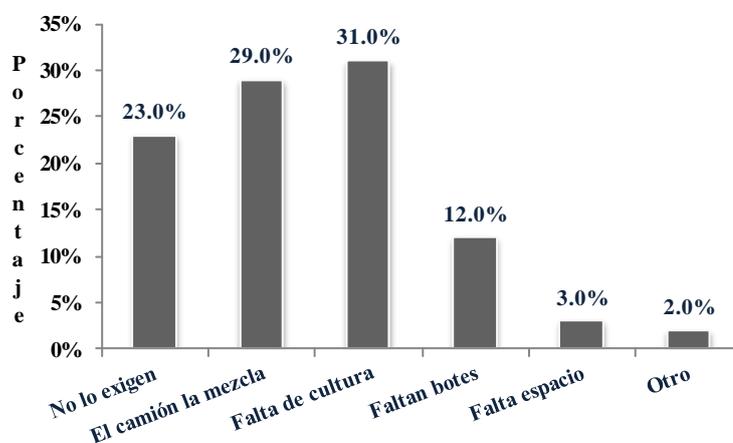
**Figura 19. Participación de la población en la separación de la basura antes de entregarla al servicio de limpia.**



Fuente: Elaboración propia

La figura 19 muestra la forma en que participan las familias ante el problema de la basura. Como puede observarse, casi el 70% colabora de alguna u otra forma; y en la figura 20 se pueden observar las causas principales del por qué no se lleva a cabo esta actividad en las personas que no aceptaron el pago por implementarse un sistema de reciclaje.

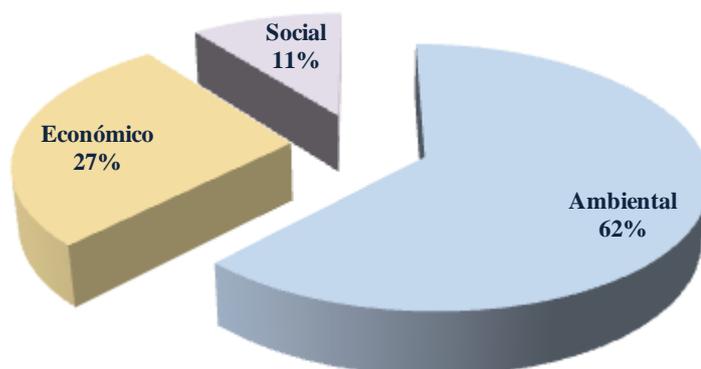
**Figura 20. Razones principales por las que no se separa la basura en el hogar**



Fuente: Elaboración propia

El analizar esta gráfica conlleva a la conclusión de que se requieren campañas de reciclaje y de separación de desechos urbanos en la cual se involucren gobierno municipal y sociedad, ya sea mediante la implementación de nuevas leyes y normas o mediante la educación ambiental en las escuelas. Es importante señalar que algunas escuelas ya están colaborando con el cuidado del medio ambiente mediante el acopio de botellas de pet, las cuales son solicitadas a los padres de familia o a los propios alumnos.

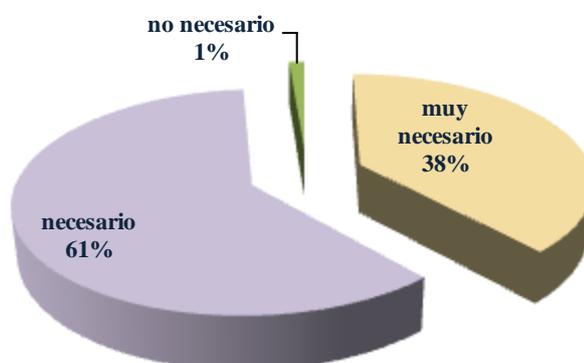
**Figura 21. Conocimiento de algún tipo de beneficio por reciclar.**



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 21 se puede apreciar que gran parte de los entrevistados conoce algún beneficio ambiental por reciclar; sin embargo, la mayoría de ellos no sabe cómo implementarlo o llevarlo a cabo. Por ejemplo, algunas personas mencionan la necesidad de tratar los residuos orgánicos en el hogar, pero no conocen la forma de hacerlo o solo tienen una vaga idea. Lo mismo pasa con materiales como el papel, el pet y el cartón, ya que no existen centros de acopio que sean conocidos por los habitantes.

**Figura 22. Percepción de la población sobre la implementación de un sistema de reciclaje.**

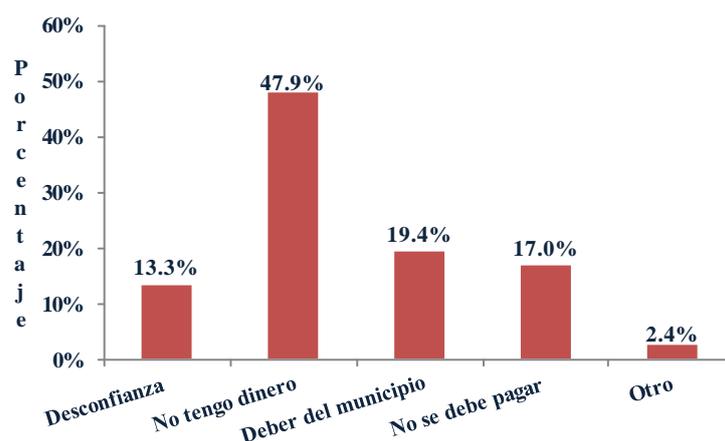


Fuente: Elaboración propia

En la figura 22 se muestra la percepción ambiental de las personas con respecto al reciclaje. Como puede observarse, casi el 100% está consciente del problema que implican los tiraderos, principalmente el del Bordo Poniente, ya que es el más cercano y se localiza en el exlago Texcoco.

En cuanto a la disposición a pagar, el 59% del total de los entrevistados estuvo de acuerdo en aceptar el precio propuesto por una mejora en la calidad ambiental con respecto al problema de la basura.

**Figura 23. Razones por las que los entrevistados no están dispuestos a pagar.**



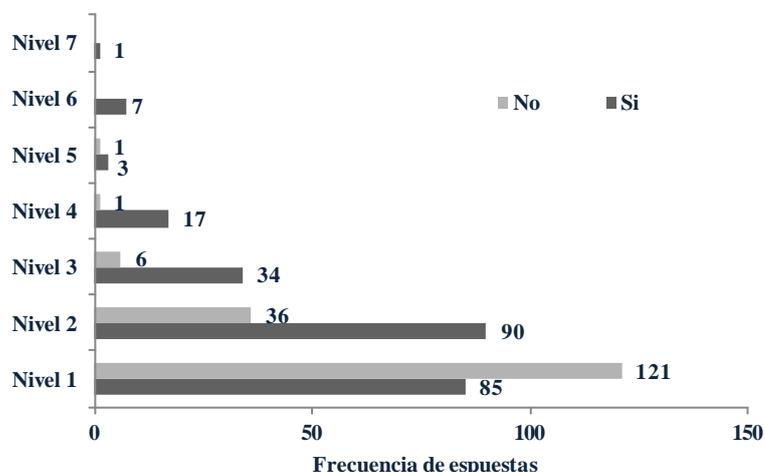
Fuente: Elaboración propia

En la figura 23 se muestran las causas del resto de los entrevistados (41%) por las que no se está dispuesto a pagar. El no tener dinero es la causa principal por la que no pagarían los jefes de familia, y esto se comprueba con la figura 2, en la que se puede observar que el 47% de la población texcocana está compuesta por personas que no reciben ningún ingreso y por las que reciben menos de 2 salarios mínimos. La segunda causa principal por no aceptar el sistema de reciclaje es por que se argumenta que es deber del municipio el recolectar los desechos domiciliarios, deduciéndose

entonces que el sistema de reciclaje adecuado sería el precio basado en la unidad con la opción de diseño sistema híbrido, en el que existe una combinación de recolección de basura por parte del municipio y el cobro por exceder cierto volumen de desechos.

Del total de personas que no estuvieron dispuestos a aceptar el sistema de reciclaje solo un 17% del total de entrevistados argumenta que no se debe pagar por el servicio de recolección de basura ya que éste es un negocio. En otras razones se tiene falta de espacio o porque es poca basura la que se tira.

**Figura 24. Frecuencia de respuestas afirmativas y negativas de los entrevistados en base al ingreso.**



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 24 se muestra la frecuencia de los entrevistados que respondieron afirmativa y negativamente con respecto a aceptar el sistema de reciclaje. Ingresos de menos de 4,000 pesos mensuales corresponde al nivel 1, de 4,001 a 7,000 para el nivel 2, de 7, 001 a 10,000 para el nivel 3,

de 10, 001 a 15, 000 para el nivel 4, de 15, 001 a 20, 000 para el nivel 5, de 20, 001 a 25, 000 para el nivel 6 y más de 25, 000 para el nivel 7.

## **CAPÍTULO X CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

A través del estudio realizado se concluye que se acepta la primera hipótesis, ya que los habitantes de la Ciudad de Texcoco están conscientes del problema ambiental que implica el mal manejo de los residuos domiciliarios. Lo antes mencionado se refleja en el alto valor semanal de la DAP, la cual resultó ser de 27.18 pesos, obteniéndose así beneficios totales de 1, 295, 915 pesos semanales y en el porcentaje (59%) de personas que respondió a favor de aceptar el sistema de reciclaje. En cuanto a la segunda hipótesis, ésta se rechaza, puesto que la causa principal por la que no se lleva a cabo la separación de desechos urbanos en el hogar es por la falta de cultura. La tercera hipótesis de que el problema de la basura es grave en Texcoco también se acepta, y esto se corrobora con la figura 16. Entre el 35 y 40% de los desechos inorgánicos puede ser reciclado y el entre el 30 y 50% está constituido por materia orgánica, la cual puede ser fácilmente procesada.

En cuanto a la DAP, las variables más significativas fueron: el precio, el ingreso, el pago que se realiza por algún servicio de recolección, el separar la basura y la edad. Así también, el signo negativo del precio y de la edad concuerda con la teoría, ya que a mayor precio y edad, menor es la disponibilidad a pagar.

Por otra parte, el método más efectivo y menos costoso para limitar la generación de desechos es la reducción en la fuente, el cual es incentivado mediante el sistema de reciclaje precio basado en la unidad, sistema que ha tenido gran éxito en Europa y Estados Unidos. El método de reciclaje El

Punto Verde es el mejor método cuando lo que se busca es que los fabricantes de productos se hagan cargo de los desechos de los artículos que elaboran. Este método ha tenido gran éxito, por lo que ha sido implementado en casi toda la Unión Europea.

A diferencia de algunos países desarrollados, México no ha logrado combatir el problema de la basura debido a que no cuenta con suficientes reglamentos en aspectos como la generación de residuos sólidos y artículos relacionados con la prevención de la contaminación.

En Texcoco, cerca del 100% de la población muestra preocupación por que se establezca un sistema de reciclaje; sin embargo, un 41% no está de acuerdo en que se cobre una cuota por el servicio de recolección de desechos domiciliarios, por lo que el sistema de reciclaje recomendado es el del precio basado en la unidad, con la opción de diseño sistema híbrido.

Para lo anterior se recomienda primeramente proponer talleres ecológicos y educar a la población desde la niñez en el tratamiento de sus residuos orgánicos a nivel familia mediante el composteo y lombricultura (también se puede enseñar agricultura urbana como una opción) y a clasificar los materiales inorgánicos; de esta forma se obtendrían beneficios por esta actividad, en vez de pagar por deshacerse de los desechos (casi siempre se da propina o una cuota a los que imparten este servicio). Esta actividad puede apoyarse con el personal que presta algún tipo de servicio social o con los que reciben algún subsidio como los del Programa de Desarrollo

Humano (oportunidades) o con instituciones educativas. De igual manera, el sistema de recolección debe implementarse recolectando la basura orgánica por lo menos tres veces a la semana y la basura inorgánica dos veces a la semana los materiales más abundantes y una vez por semana los menos abundantes; de esta forma el municipio se ahorraría tiempo y podría tener ingresos por la venta del material que puede reciclarse.

Otra solución al problema de los desechos urbanos es promover los centros de acopio de material reciclable en diferentes puntos estratégicos del municipio como el programa “Cambia Pet-zos” así, la población tendría incentivos económicos y ambientales para realizar el reciclaje. Para llevar a cabo esto, se requiere organizar a los pepenadores y a las personas involucradas en el reciclaje en grupos sociales o en pequeñas empresas con figura jurídica; de tal forma que puedan gestionar recursos de los diferentes programas de gobierno como Activos Productivos, Fonaes, Incubadoras de Empresas, entre otros; y convertir de este modo al reciclaje en un negocio que genere empleos y beneficios para la sociedad.

También es necesario concienciar a la población para que reduzca sus desechos a partir de la fuente, ya que de llevarse a cabo, se evitarían problemas posteriores como el manejo de material innecesario de los empaques de productos comerciales, o el excesivo uso de bolsas de plástico, o el uso excesivo de empaques desechables. Otra forma de reducir los desechos es la reutilización de los artículos que ya no son útiles para lo que fueron fabricados, pero que se les puede dar otro uso. El uso de bolsas

y empaques biodegradables es otra opción que está teniendo gran impacto en la Unión Europea.

Aunado a lo anterior, es menester que el gobierno mexicano apoye la actividad del reciclaje imponiendo impuestos a los productos elaborados con material virgen y subsidiando a la industria del reciclaje, de esta forma se disminuiría la tasa de extracción de los recursos naturales. También es necesario internalizar las externalidades mediante normas y leyes, haciendo que quien use el medio ambiente pague el costo ambiental que ello implica (como es el caso del Punto Verde en Alemania) de tal forma que el precio de los productos se iguale al costo marginal social, es decir, a la suma del costo marginal externo y el costo marginal privado, de esta forma pagarían únicamente los que se benefician del producto.

Por otra parte, deben de coordinarse esfuerzos entre organismos institucionales o privados, gobierno y sociedad. Adicionalmente, como una investigación posterior se recomienda llevar a cabo un análisis costo-beneficio para tener una visión clara de las implicaciones del proyecto de reciclaje integral para la sociedad en términos de empleo formal y de los beneficios sociales, económicos y ambientales que se generarían.

## CAPÍTULO XI BIBLIOGRAFÍA

- ✚ Agüero, A.A.; M. Carral; J. Sauad. J, L. Yazlle L. 2005. Aplicación del método de valoración contingente en evaluación del sistema de gestión de residuos sólidos domiciliarios en la ciudad de Salta, argentina. Revista Iberoamericana de Economía Ecológica. Vol. 2: 37-44.
- ✚ Arzumanyan G. 2004. Municipal Solid Waste Management in Armenia. Master's thesis. The International Institute for Industrial Environmental Economics. Lund, Sweden. 88 p.
- ✚ Azqueta O., D. 1994. Valoración económica de la calidad ambiental. Primera edición. Ed. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA DE ESPAÑA S.A. Madrid, España. 299 p.
- ✚ Barsev, R. 2002. Guía metodológica de valoración económica de bienes, servicios e impactos ambientales. Primera edición. Editorial Corredor Biológico Mesoamericano. Managua, Nicaragua. 149 p.
- ✚ Boyer T. 2006. Valuing Household Preferences for Garbage and Recycling Services Bundles Using a Discrete Choice Experiment. Selected Paper prepared for presentation at the American Agricultural Economics Association Annual Meeting, Long Beach, California: 21.
- ✚ Careaga J., A. 1993. Manejo y reciclaje de los residuos de envases y embalajes. Primera edición. Ed. Instituto Nacional de Ecología. México, D.F. 159 p.
- ✚ Cortada de Kohan N., J. M. Carro. Estadística aplicada. Primera edición. Editorial Universitaria de Buenos Aires. Argentina. Pp.: 151.
- ✚ De Sanzo A., R., A. Rubén R. 2000. Manual de cómo criar lombrices californianas. 2000. Programa de autosuficiencia regional. Buenos Aires, Argentina. 91 p.
- ✚ Dijkgraaf E., R Gradus. 2008. Environmental activism and dynamics of unit-based pricing systems. SEOR-ECRi and Rotterdam School of Economics. The Netherlands.: 4-18.
- ✚ Duckworth, M., W. 2008. Resampling Methods for Inference. Part of the Iowa State University NSF/ILI project Beyond Traditional Statistical Methods.USA:132 p.
- ✚ Economics for the Environment Consultancy Ltd (Eftec). 2006. Valuing our natural Environment. Final report. London, Inland: 58.

- ✚ Fanor J. 2006. Determinantes de la separación de residuos sólidos en la fuente: la evidencia de Puerto Príncipe, Haití. Tesis de maestría en economía del medio ambiente y de los recursos naturales. Universidad de los Andes. Bogotá D.C., Colombia. 41 p.
- ✚ Fernández E. Miércoles 27 de julio de 2005. Destierran su basura 15 municipios. Periódico EL UNIVERSAL.
- ✚ Gómez, L. Jueves 3 de septiembre de 2008. Nos sacan del bordo poniente. Periódico el Universal.
- ✚ Haab T., C., K. E. McConnel. 2002. Valuing Environmental and Natural Resources. First edition. Edward Publishing Limited. Great Britain. 326 p.
- ✚ Hanemann W. M. 1984. Welfare evaluations in contingent valuation experiments with discrete responses. American Journal of Agricultural Economics 66(1):332-341.
- ✚ Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2008. Síntesis estadística municipal, Texcoco, México.
- ✚ Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Medio ambiente, asentamientos y actividades humanas, residuos, peligrosos, - empresas autorizadas para su manejo - proceso - 2000-2007 - entidad federativa.
- ✚ Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Medio ambiente, asentamientos y actividades humanas, residuos, sólidos urbanos, generación 1998-2008-nacional.
- ✚ Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Medio ambiente, asentamientos y actividades humanas, residuos, sólidos urbanos, recolección - volumen - 1998-2008 - entidad federativa.
- ✚ Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Medio ambiente, asentamientos y actividades humanas, residuos, sólidos urbanos, reciclaje - composición - 1995-2008 – nacional.
- ✚ Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) 2005. Principales resultados por localidad (ITER).
- ✚ Jakus P. M., K. H. Tiller, W. M. Park. 1997. Explaining Rural Household Participation in Recycling. Journal of Agricultural and

Applied Economics. Southern Agricultural Economics Association: 141-148.

- ✚ Jenkins, R. R., S. A. Martínez., K. Palmer, M. J. Podolsky. 2000. The Determinants of Household Recycling: A Material Specific Analysis of Recycling Program Features and Unit Pricing. Resources for the Future. Washington, D.C.: 26.
- ✚ Katz M. L., H. S. Rosen. 1991 and 1994. Microeconomics. 2<sup>nd</sup> edition. The Irvin Series in Economics, United States of America. Pp.: 624-625.
- ✚ Labandeira X., C. J. León. 2007. Economía Ambiental. Primera edición. Editorial Pearson. Madrid, España. Pp.: 148-153.
- ✚ Melgar C., M. 2006. La tragedia de los comunes (Garret Hardin) y el teorema de Coase, una visión económica del manejo de los recursos naturales. La Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA) Barcena, Villa Nueva, Guatemala. 62 p.
- ✚ Mendenhall W., J. E. Reinmuth. 1981. Estadística para administración y economía. Primera edición. Grupo editorial Iberoamérica. California, Estados Unidos de América. Pp.: 542-543.
- ✚ Mendieta L., J. C. 2000. Economía ambiental. Primera edición. Ed. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. 294 p.
- ✚ Munasinghe M. 1997. Environmental economics and sustainable and sustainable development. Third edition. The International Bank for Reconstruction and Development. Washington, D.C., United States of America. Pp.: 21-22.
- ✚ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 1983. El reciclaje de materias orgánicas en la agricultura de América Latina. Roma, Italia. Primera edición. Boletín de suelos de la FAO. Pp.: 112-126.
- ✚ Pearce D. 1985. Economía ambiental. Primera edición. Ed. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. Pp.:216-226.
- ✚ Perman R, Y. Ma, J. McGilvray, M. Common. 2003. Natural Resource and Environmental Economics. 3<sup>rd</sup> edition. Pearson Education Limited. United Kingdom. Pp.: 7.
- ✚ Ostrom E. 1990. Governing the commons. The Evolution of Institutions for Collective Action. First edition. Cambridge University Press. United Kingdom. Pp.: 66.

- ✚ Quintero R. R. 2004. La Lombricultura como una alternativa para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos. . Caso de estudio "Barrio de Santiaguito, Municipio de Texcoco, Estado de México. Tesis de Maestría en medio ambiente y desarrollo integrado. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F. 58 p.
  
- ✚ Riera P. 1994. Manual de valoración contingente. Instituto de Estudios Fiscales. Pp.: 10-13.
  
- ✚ Rojas V., N. M., C. Sheinbaum P., M. T. Orta L. 2008. Gases de efecto invernadero generados de residuos sólidos. Revista Ciencia y Desarrollo. Volumen XVII No. 158. Pp.: 52-54.
  
- ✚ Sanjurjo R., I. Islas C. 2007. Valoración económica de la actividad recreativa en el Río Colorado. Revista Región y Sociedad. Vol. XIX. Número 040: 172.
  
- ✚ Santiago R., E. Manual para el manejo de residuos sólidos. 2007. Una opción ambiental para las comunidades de la sierra Juárez de Oaxaca. Centro Educativo de Manejo Global del Medio Ambiente.
  
- ✚ Seoáñez M., C. 2000. Residuos, Problemática, descripción, manejo, aprovechamiento y destrucción. Primera edición. Ed. Ediciones Mundi-Prensa. México. Pp: 98-101.
  
- ✚ Siikama J., David F.L. 2002. Discrete choice survey experiments: A comparison using flexible methods. Journal of environmental economics and management. Washington, DC, USA. Pp.: 3-4.
  
- ✚ Thomas H., T. 2006. Environmental and Natural Resource Economics. 7<sup>th</sup> edition. Pearson Education, Inc. United States of America. 655 p.
  
- ✚ Tudela W., J. 2007. Estimación de la disponibilidad a pagar de los habitantes de la Ciudad de Puno por el tratamiento de aguas servidas. Revista de Investigaciones (Escuela de Posgrado). Volumen 4: 21-22.
  
- ✚ Uribe J.I, C.H. Ortiz. 2006. Informalidad laboral en Colombia 1988-2000. Evolución, teorías y modelos. Primera edición. Ed. Universidad del Valle - Programa Editorial. Colombia. Pp.: 94-95.
  
- ✚ Walls M., M. Macauley, S. Anderson. 2003. The Organization of Local Solid Waste and Recycling Markets: Public and Private Provision of Services. Resources for the Future. Washington, D.C.: 31.
  
- ✚ Wang, F., E. Y. LI. 2003. Confidence intervals in repeatability and reproducibility using the Bootstrap method. Total quality management. vol.14:346.

- ✚ Wehenpohl G., C. P. Hernández B. 2002. Guía en elaboración de planes maestros para la gestión integral de los residuos sólidos municipales (PMGIRSM). Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH.
- ✚ (<http://www.bnamericas.com/news/waterandwaste/Study>. Página consultada el 3 enero de 2010).
- ✚ <http://www.alianzatex.com>. Página consultada el 5 de enero de 2010.
- ✚ <http://www.texcoco.gob.mx>. Página consultada el 24 de enero de 2010.
- ✚ <http://inegi.org.mx>. Principales resultados por localidad 2005. Página consultada el 8 de enero de 2010.
- ✚ <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/128/cap3.html>. Página consultada el 15 de enero de 2010.
- ✚ <http://www.eluniversal.com.mx/ciudad/93721.html>. 19 de enero de 2009. Página consultada el 22 de junio de 2010.
- ✚ <http://catarina.udlap.mx>. Página consultada el 3 de febrero de 2010.
- ✚ <http://www.gruener-punkt.de>. Página consultada el 10 de febrero de 2010.
- ✚ <http://www.edomex.gob.mx>. Página consultada el 14 de febrero de 2010.
- ✚ [http://www.bancomundial.org.ar/lfg/gas\\_find\\_es.htm](http://www.bancomundial.org.ar/lfg/gas_find_es.htm). Página consultada el 20 de febrero de 2010.
- ✚ <http://es.wikipedia.org/wiki/Texcoco>. Página consultada el 23 de febrero de 2010.
- ✚ <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/soc/sis/sisept/default.aspx?t=mamb129&s=est&c=6126>. Página consultada el 19 de marzo de 2010.
- ✚ [http://www.bancomundial.org.ar/lfg/gas\\_find\\_es.htm](http://www.bancomundial.org.ar/lfg/gas_find_es.htm). Página consultada el 12 de abril de 2010.
- ✚ <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/133/marco.html>. Página consultada el 12 de abril de 2010.
- ✚ <http://www.iowadnr.gov/waste/recycling/>. Página consultada el 20 de abril de 2010.

-  <http://www.iowadnr.gov/waste/sw/ubp.html>. Página consultada el 30 de abril de 2010.
-  <http://www.edomexico.gob.mx/bitacora/htm/11/0301.html>. Página consultada el 20 de mayo de 2010<sup>a</sup>.
-  Fuente: <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/128/cap3.html> (x). Página consultada el 20 de mayo de 2010.
-  <http://www.centurymarc.com/index.html>. Página consultada el 22 de junio de 2010.
-  <http://www.eluniversal.com.mx/notas/647669.html>. Página consultada el 23 de junio de 2010.

# ANEXOS



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO  
DIVISIÓN DE CIENCIAS ECONÓMICO- ADMINISTRATIVAS  
ENCUESTA DE VALORACIÓN CONTINGENTE**



**OBJETIVO:** Esta encuesta se diseñó para recolectar información sobre la decisión de las familias de Texcoco de Mora para participar en un programa de reciclaje y para conocer la percepción que tienen del problema de la basura en la ciudad.

La información recopilada es anónima y estrictamente confidencial, el nombre no aparecerá en ningún caso. Los resultados de esta investigación servirán para hacer una propuesta que mejore el servicio de recolección de desechos.

**I. PREGUNTAS DE PERCEPCIÓN**

**1.- ¿Cómo considera usted el problema de la basura en los rellenos sanitarios Xochiaca y Bordo Poniente?**

No lo sabe       Normal       Grave       Muy grave

**2.- ¿Qué hace con su basura?**

- a) Es recolectada por el servicio público
  - b) Es recolectada por una persona particular
  - c) Es recolectada por ambos servicios
  - d) Parte es reciclada y parte recolectada por el servicio de limpieza
  - e) Otro (especifique)
- 

**3.- ¿Cuánto paga usted semanalmente por que le recojan su basura?**

Aproximadamente \$

**4. ¿Cuántas veces a la semana entrega o deposita usted su basura?**

**5.-¿Cuántos kilogramos de basura entrega aproximadamente en cada ocasión?**

Cantidad

**6.- ¿Del total de kilogramos que tira, ¿ cuántos kg tira de cada uno de los siguientes residuos?**

**a)**

Desechos	Kilogramos
1) Residuos orgánicos (desechos de jardín y de cocina)	
2) Material reciclable (Papel periódico y de oficina, cartón, botellas de pet, vidrio, aluminio, cobre, fierro)	
3) Material no reciclable (todos los que no entran en ninguna categoría)	
<b>Total (debe ser igual a los kilogramos que tira)</b>	

**b) No sabe**

7.- ¿Qué tanto conoce acerca de reciclar?

Nada

Poco

Mucho

8.-¿Conoce usted a un amigo o familiar que separe la basura antes de ser recolectada?

Si

No

9.-¿Separa usted su basura antes de ser recolectada ?

Nunca

A veces

Siempre

10.- Si la respuesta anterior no es “siempre” ¿por que?, si la respuesta es siempre, pasar a la 11.

- a) No me lo exigen (no existen leyes)
  - b) No tiene caso (el camión mezcla la basura)
  - c) Falta de cultura
  - d) Falta de infraestructura (no hay botes especiales o buen manejo de l basura)
  - e) Falta de espacio
  - f) Otro
- (especifique) \_\_\_\_\_

11.¿Conoce usted algún tipo de beneficio por reciclar?

Si

No

Si la respuesta es no, pasar a la 13

12.- Si la respuesta es si, ¿Qué tipo de beneficio conoce?

- a) Ambiental
- b) Económico
- c) Social

## II. PREGUNTAS POR LA MEJORA DEL PROBLEMA

13.- ¿Considera usted que es necesario implementar un sistema de reciclaje en Texcoco?

No es necesario

Si es necesario

Es muy necesario

Si la respuesta es no ¿por qué?

\_\_\_\_\_

14.- ¿Si se implementara un sistema de reciclaje eficiente, estaría usted dispuesto (a) a pagar una cuota semanal de \_\_\_\_\_ para el financiamiento de los gastos?.

Si

No

Si la respuesta es no ¿por qué?

Razones	Marcar con X
a) No confío en el uso adecuado de los fondos	
b) No tengo dinero	
c) Es responsabilidad del municipio	
d) No se debe pagar por tirar la basura	
e) Otro (especifique)	

### III. DATOS SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS SOCIO ECONÓMICAS DEL JEFE DE HOGAR

15.- Género

Masculino

Femenino

16.- ¿Cuántas personas viven en su hogar incluyéndose usted?

17.- ¿cuáles son las condiciones de su casa?

Características de la casa	Marcar con X
a) Propia	
b) Rentada	
c) Prestada	
d) Vive con sus familiares, amigos, etc.	<input checked="" type="checkbox"/>

18.- ¿En qué rango se encuentra su edad?

Rango de edades en años	Marcar (X)
18—25	
26—35	
36—45	
46—55	
56—89	

19.- ¿Cuál es su nivel educativo?

Nivel de educación	Marcar (X)
Ninguno	
Primaria	
Secundaria	
Preparatoria	
Licenciatura	
Posgrado	

20.- ¿Cuál de estos rangos describe mejor el ingreso mensual en su hogar en pesos?

Ingreso mensual (pesos)	Marcar con una X
Menos de 4,000	
Entre 4,001 y 7,000	
Entre 7,001 y 10,000	
Entre 10,001 y 15,000	
Entre 15,001 y 20,000	
Entre 20,001 y 25,000	
Más de 25,000	

## SALIDA EN EL PROGRAMA N-LOGIT

```

--> RESET
Initializing NLOGIT Version 4.0.1 (January 1, 2007).
--> READ;FILE="C:\Documents and Settings\Usuario\Mis documentos\TESIS
MAESTRI...
-->
LOGIT;Lhs=PROB;Rhs=ONE, PREC, PROBAS, PAGSER, AMRECI, SEPBAS, GENE, PERSHO, CAS
, EDAD, EDUC, INGRES
Normal exit from iterations. Exit status=0.

```

```

+-----+
| Binary Logit Model for Binary Choice          |
| Maximum Likelihood Estimates                  |
| Model estimated: Apr 26, 2010 at 01:54:16PM. |
| Dependent variable                          PROB |
| Weighting variable                          None |
| Number of observations                       402 |
| Iterations completed                        7    |
| Log likelihood function                     -177.5856 |
| Number of parameters                        12    |
| Info. Criterion: AIC =                      .94321 |
|   Finite Sample: AIC =                     .94521 |
| Info. Criterion: BIC =                     1.06251 |
| Info. Criterion: HQIC =                    .99045 |
| Restricted log likelihood                   -272.1625 |
| McFadden Pseudo R-squared                  .3475015 |
| Chi squared                                189.1537 |
| Degrees of freedom                         11    |
| Prob[ChiSq > value] =                      .0000000 |
| Hosmer-Lemeshow chi-squared =              7.90835 |
| P-value= .34075 with deg.fr. =            7    |
+-----+

```

```

+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Variable| Coefficient | Standard Error |b/St.Er.|P[|Z|>z]| Mean of X|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
-----+Characteristics in numerator of Prob[Y = 1]
Constant|   -.67752283   |   .91503689   |   -0.740   |   .4590   |
PREC    |   -.13490641   |   .01759564   |   -7.667   |   .0000   | 22.1144279
PROBAS  |   .36001268    |   .27227783   |    1.322   |   .1861   | .45273632
PAGSER  |   .05744775    |   .01990937   |    2.885   |   .0039   | 4.59701493
AMRECI  |   .27416762    |   .28619684   |    .958    |   .3381   | .46517413
SEPBAS  |   .34439490    |   .16485272   |    2.089   |   .0367   | 2.27611940
GENE    |   .38582168    |   .28043787   |    1.376   |   .1689   | .58457711
PERSHO  |   .06244687    |   .06799835   |    .918    |   .3584   | 4.44776119
CAS     |   .47445564    |   .32836263   |    1.445   |   .1485   | .78855721
EDAD    |   -.32300139   |   .13122507   |   -2.461   |   .0138   | 2.92786070
EDUC    |   .19006651    |   .14963612   |    1.270   |   .2040   | 3.63930348
INGRE   |   1.33029482   |   .22216329   |    5.988   |   .0000   | 1.79104478

```

```
CREATE;ALFA=COEF1+COEF3*PROBAS+COEF4*PAGSER+COEF5*AMRECI+COEF6*SEPBAS+COE
...
--> CREATE;DAPA=-ALFA/BETA$
--> DSTAT;RHS=DAPA$
```

Descriptive Statistics  
All results based on nonmissing observations.

Variable	Mean	Std.Dev.	Minimum	Maximum	Cases
DAPA	27.1820	14.4095	1.27181	93.8242	402

Listing of raw data (Current sample)

Line	Observ.	DAPA
1	1	49.89987
2	2	33.82775
3	3	47.76800
4	4	31.14898
5	5	16.02531
.	.	.
.	.	.
.	.	.
400	400	22.93049
401	401	32.97944
402	402	13.47542

Information Statistics for Discrete Choice Model.							
	M=Model		MC=Constants Only		M0=No Model		
Criterion F (log L)	-177.58562		-272.16248		-278.64517		
LR Statistic vs. MC	189.15373		.00000		.00000		
Degrees of Freedom	11.00000		.00000		.00000		
Prob. Value for LR	.00000		.00000		.00000		
Entropy for probs.	177.58562		272.16248		278.64517		
Normalized Entropy	.63732		.97673		1.00000		
Entropy Ratio Stat.	202.11910		12.96537		.00000		
Bayes Info Criterion	1.04759		1.51812		1.55038		
BIC(no model) - BIC	.50278		.03225		.00000		
Pseudo R-squared	.34750		.00000		.00000		
Pct. Correct Pred.	78.35821		.00000		50.00000		
Means:	y=0	y=1	y=2	y=3	y=4	y=5	y>=7
Outcome	.4104	.5896	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
Pred.Pr	.4104	.5896	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000

Notes: Entropy computed as Sum(i)Sum(j)Pfit(i,j)\*logPfit(i,j).  
Normalized entropy is computed against M0.  
Entropy ratio statistic is computed against M0.  
BIC = 2\*criterion - log(N)\*degrees of freedom.  
If the model has only constants or if it has no constants, the statistics reported here are not useable.

Fit Measures for Binomial Choice Model			
Logit model for variable PROB			
Proportions P0=	.410448	P1=	.589552
N =	402	N0=	165
		N1=	237
LogL=	-177.586	LogL0=	-272.162
Estrella = 1-(L/L0)^(-2L0/n)	= .43904		
Efron	.41073	McFadden	.34750
		Ben./Lerman	.71254
Cramer	.40602	Veall/Zim.	.55628
		Rsqr ML	.37533
Information Criteria	.94321	Akaike I.C.	1.06251
		Schwarz I.C.	

```

--> PROC = DAPA$
--> ENDPROC$
--> CALC;COEF1=B(1)$
--> CALC;COEF2=B(2)$
--> CALC;COEF3=B(3)$
--> CALC;COEF4=B(4)$
--> CALC;COEF5=B(5)$
--> CALC;COEF6=B(6)$
--> CALC;COEF7=B(7)$
--> CALC;COEF8=B(8)$
--> CALC;COEF9=B(9)$
--> CALC;COEF10=B(10)$
--> CALC;COEF11=B(11)$
--> CALC;COEF12=B(12)$
--> CREATE;BETA=B(2)$

```

Variable	Coefficient	Standard Error	b/St.Er.	P[ Z >z]	Elasticity
-----+Marginal effect for variable in probability					
Constant	-.15103506	.20415749	-.740	.4594	
PREC	-.03007367	.00393653	-7.640	.0000	-1.00076662
PAGSER	.01280639	.00437679	2.926	.0034	.08858770
-----+Marginal effect for dummy variable is P 1 - P 0.					
PROBAS	.07965957	.05960325	1.336	.1814	.05426927
-----+Marginal effect for dummy variable is P 1 - P 0.					
AMRECI	.06086158	.06311717	.964	.3349	.04260195
SEPBAS	.07677336	.03667960	2.093	.0363	.26295187
-----+Marginal effect for dummy variable is P 1 - P 0.					
GENE	.08672701	.06358136	1.364	.1726	.07628987
PERSHO	.01392081	.01517661	.917	.3590	.09317012
-----+Marginal effect for dummy variable is P 1 - P 0.					
CAS	.10976843	.07815242	1.405	.1602	.13025108
EDAD	-.07200427	.02948692	-2.442	.0146	-.31723370
EDUC	.04237010	.03343013	1.267	.2050	.23203227
INGRE	.29655260	.04617429	6.422	.0000	.79924303

```

-----+
| Partial derivatives of probabilities with |
| respect to the vector of characteristics. |
| They are computed at the means of the Xs. |
| Observations used are All Obs.          |
-----+

```

Marginal Effects for	
Variable	All Obs.
ONE	-.15104
PREC	-.03007
PAGSER	.01281
PROBAS	.07966
AMRECI	.06086
SEPBAS	.07677
GENE	.08673
PERSHO	.01392
CAS	.10977
EDAD	-.07200
EDUC	.04237
INGRE	.29655

Descriptive Statistics

All results based on nonmissing observations.

```

=====
Variable      Mean      Std.Dev.    Minimum    Maximum    Cases
Missing
=====
-----
All observations in current sample
-----
PROB      |   .589552   .492528     .000000     1.00000     402
PREC      |  22.1144    9.11313    10.0000     40.0000     402
PROBAS    |   .452736   .498381     .000000     1.00000     402
PAGSER    |   4.59701   8.66252     .000000     50.0000     402
AMRECI    |   .465174   .499407     .000000     1.00000     402
SEPBAS    |   2.27612   .876900     1.00000     3.00000     402
GENE      |   .584577   .493409     .000000     1.00000     402
PERSHO    |   4.44776   2.00337     1.00000     18.0000     402
CAS       |   .788557   .408840     .000000     1.00000     402
EDAD      |   2.92786   1.17635     1.00000     5.00000     402
EDUC      |   3.63930   1.15257     1.00000     6.00000     402
INGRE     |   1.79104   1.08773     1.00000     7.00000     402

```

## SALIDA EN PASW

```

NEW FILE.
DATASET NAME Conjunto_de_datos1 WINDOW=FRONT.
DATASET ACTIVATE Conjunto_de_datos1.
DATASET CLOSE Conjunto_de_datos0.
PRESERVE.
SET RNG=MT MTINDEX=592004.
SHOW RNG.
    
```

### SHOW

[Conjunto\_de\_datos1]

#### Ajustes del sistema

Palabra clave	Descripción	Ajuste
dimensi on0	Generador de números aleatorios	MT (Mersenne Twister)

```

BOOTSTRAP
/SAMPLING METHOD=SIMPLE
/VARIABLES TARGET=DAP
/CRITERIA CILEVEL=95 CITYPE=PERCENTILE NSAMPLES=5000
/MISSING USERMISSING=EXCLUDE.
    
```

### Bootstrap

#### Notas

Resultados creados	16-may-2010 14:46:36	
Comentarios		
Entrada	Conjunto de datos activo	Conjunto_de_datos1
	Filtro	<ninguno>
	Peso	<ninguno>
	Segmentar archivo	<ninguno>
Sintaxis	BOOTSTRAP /SAMPLING METHOD=SIMPLE /VARIABLES TARGET=DAP /CRITERIA CILEVEL=95 CITYPE=PERCENTILE NSAMPLES=5000 /MISSING USERMISSING=EXCLUDE.	
Recursos	Tiempo de procesador	00:00:00.030
	Tiempo transcurrido	00:00:00.040

[Conjunto\_de\_datos1]

### Especificaciones de Bootstrap

Método de muestreo	Simple
Número de muestras	5000
Nivel de intervalo de confianza	95.0%
Tipo de intervalo de confianza	Percentil

```
EXAMINE VARIABLES=DAP
/PLOT BOXPLOT STEMLEAF HISTOGRAM NPLOT
/COMPARE GROUPS
/STATISTICS DESCRIPTIVES
/CINTERVAL 95
/MISSING LISTWISE
/NOTOTAL.
```

### Explorar

### Notas

Resultados creados		16-may-2010 14:46:36
Comentarios		
Entrada	Conjunto de datos activo	Conjunto_de_datos1
	Filtro	<ninguno>
	Peso	<ninguno>
	Segmentar archivo	<ninguno>
	Núm. de filas del archivo de trabajo	1271479
Manipulación de los valores perdidos	Definición de los perdidos	Los valores perdidos definidos por el usuario para las variables dependientes serán tratados como perdidos.
	Casos utilizados	Los estadísticos se basan en los casos que no incluyan valores perdidos en ninguna variable dependiente o factor utilizados.
Sintaxis		EXAMINE VARIABLES=DAP /PLOT BOXPLOT STEMLEAF HISTOGRAM NPLOT /COMPARE GROUPS /STATISTICS DESCRIPTIVES /CINTERVAL 95 /MISSING LISTWISE /NOTOTAL.
Recursos	Tiempo de procesador	00:11:35.370
	Tiempo transcurrido	00:11:36.552

[Conjunto\_de\_datos1]

### Resumen del procesamiento de los casos

	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
DAP	402	100.0%	0	.0%	402	100.0%

### Descriptivos

		Estadísti co	Error típ.	Bootstrap <sup>a</sup>			
				Sesgo	Error típ.	Intervalo de confianza al 95%	
						Inferior	Superior
DAP	Media	27.1820	.68332	.0133	.6749	25.9485	28.5518
	Intervalo de confianza para la media al 95%						
	Límite inferior	25.8567					
	Límite superior	28.5434					
	Media recortada al 5%	26.0585		.0314	.6364	24.9039	27.3629
	Varianza	187.704		-.499	20.681	148.994	229.859
	Desv. típ.	13.7005		-	.75597	12.20630	15.16109
		0		.03912			
	Mínimo	6.62					
	Máximo	91.38					
	Rango	84.75					
	Amplitud intercuartil	15.53		.31	1.04	14.02	17.81
	Asimetría	1.419	.122	-.025	.163	1.074	1.704
	Curtosis	2.922	.243	-.108	.741	1.465	4.392

a. Unless otherwise noted, bootstrap results are based on 5000 bootstrap samples

### Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DAP	.099	402	.000	.902	402	.000

a. Corrección de la significación de Lilliefors

