



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS

CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

**ELEMENTOS PARA EL DISEÑO DE UNA ESTRATEGIA DE MANEJO
DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL TIANGUIS DE LA CIUDAD DE
ATLIXCO, PUEBLA**

SOFÍA AGUADO PORTAL

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRA EN CIENCIAS

PUEBLA, PUEBLA

2016



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

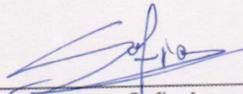
SUBDIRECCIÓN DE EDUCACIÓN
CAMPUS PUEBLA

CAMPUE- 43-2-03

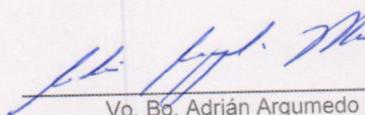
CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, la que suscribe **Sofía Aguado Portal**, alumna de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del Profesor **Dr. Adrián Argumedo Macías**, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis "**Elementos para el diseño de una estrategia de manejo de Residuos Sólidos en el Tianguis de la Ciudad de Atlixco, Puebla**", y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesis y la que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Puebla, Puebla, 10 junio 2016.



Sofía Aguado Portal



Vo. Bo. Adrián Argumedo Macías

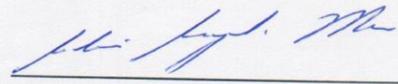
La presente tesis, titulada: **ELEMENTOS PARA EL DISEÑO DE UNA ESTRATEGIA DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL TIANGUIS DE LA CIUDAD DE ATLIXCO, PUEBLA** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

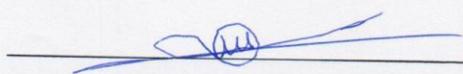
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



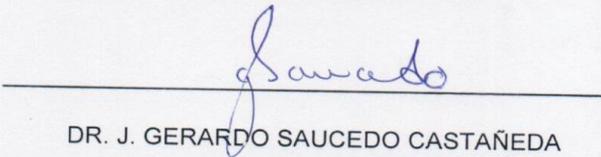
DR. ADRIÁN ARGUMEDO MACÍAS

ASESOR:



DR. JUVENTINO OCAMPO MENDOZA

ASESOR:



DR. J. GERARDO SAUCEDO CASTAÑEDA

Puebla, Puebla, México, 10 de junio, 2016.

ELEMENTOS PARA EL DISEÑO DE UNA ESTRATEGIA DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL TIANGUIS DE LA CIUDAD DE ATLIXCO, PUEBLA

Sofía Aguado Portal, M.C.

Colegio de Posgraduados, campus Puebla, 2016

La generación y manejo de residuos sólidos urbanos es un problema de interés mundial, el cual ha aumentado drásticamente en las últimas décadas. En México, los municipios son responsables del manejo de los residuos sólidos generados y de proveer a sus habitantes un sistema efectivo y eficiente para estos fines. Sin embargo, en la mayoría de los casos este problema sobrepasa las capacidades municipales para su atención eficiente. Los residuos sólidos orgánicos generados al interior del tianguis de la Ciudad de Atlixco, Municipio de Atlixco, en el estado de Puebla deja a su paso aproximadamente 30 toneladas de residuos al día, de los cuales, por lo menos el 65% es de origen orgánico y tiene posibilidades de ser procesado y aprovechado.

La investigación se orientó a conocer y describir la opinión que la organización del tianguis de Atlixco tienen respecto a la generación de residuos, las condiciones en que son generados y los principales factores que afectan el manejo adecuado y limitan la formulación de una estrategia para el uso de la fracción orgánica. La metodología consideró los siguientes aspectos: 1) un diagnóstico general sobre la generación, dinámicas de manejo, y factores sociales que interactúan en la problemática de los residuos; 2) planificación y prueba de un plan de separación de residuos; 3) prueba piloto de una Planta de Compostaje al aire libre; 4) evaluación del producto final del compostaje, con el fin conocer usos alternativos. Los resultados indican que aunque hay una actitud favorable sobre la necesidad de manejo de residuos, ésta no se refleja en una conducta y acción congruente. La técnica de compostaje mostró ser apropiada para los residuos generados. Con los factores estudiados es posible identificar elementos para el diseño de una estrategia de manejo integral de residuos orgánicos en el tianguis municipal, que ayude a solucionar una parte del problema de residuos aumentando las posibilidades de reciclar la parte inorgánica.

Palabras clave: Atlixco, compostaje, Puebla, residuos sólidos, suelo, tianguis.

ELEMENTS FOR THE DESIGN OF A SOLID WASTE MANAGEMENT STRATEGY IN THE STREET MARKET OF ATLIXCO CITY, PUEBLA

Sofía Aguado Portal, M.Cs.

Colegio de Posgraduados, Puebla campus, 2016

The generation and management of urban solid waste is a world-wide problem, which has substantially increased over the last decades. In Mexico, municipalities are responsible for managing urban solid waste and providing their population with an effective and efficient system for such purposes. However, in most of the cases, such responsibility surpasses the capacity and powers of the municipal authorities for its efficient attention. The solid waste generated by a street market in Atlixco, Municipality of Atlixco, Puebla, amounts to 30 tons per day, out of which at least 65% is organic and susceptible to be processed and used.

The investigation hereto was focused on knowing and describing the Atlixco street market's organization's opinion towards solid waste generation, the conditions under which they are generated and the key factors affecting the adequate management and limiting the formulation of a strategy for the use of the organic portion. The methodology considered the following aspects: 1) a general prognosis on the generation, management procedures and the social factors that have an impact on the issue of solid waste; 2) planning and execution of a solid waste separation plan within the street market; 3) a pilot experiment in a compost plant, outdoors; 4) the assessment of the final product, so as to be aware of its alternative uses. The results indicate that although there is a positive attitude on the necessity of solid management, such attitude is not accompanied by conducts nor actions alike. The composting technique proved to be appropriate for the waste generated. With the factors studied it is likely to identify elements for the design of an integral organic waste management strategy at the municipal street market, which allows to find solution to part of the solid waste problem, increasing the possibilities to recycle the inorganic part.

Key words: Atlixco, compost, Puebla, solid waste, soil, street market.

A Iván, que me has mostrado que la maestría de la vida se gana con paso constante, valentía y amor. Gracias por ser siempre el que logra equilibrar mi mente y mi alma.

A Lucio y Olivia, quienes son mis motores para continuar siempre, por más cansada que esté. Mis más grandes maestros sobre lo verdaderamente bueno de la vida.

A mis padres. Sin ustedes no hubiera podido lograrlo. Me dieron siempre su apoyo, como lo han hecho desde el día cero, y gracias a ese amor incondicional me hacen querer ser mejor persona. Gracias por creer en mí hasta cuando ni yo creía. Su paciencia y sus sabios consejos me impulsan a no darme por vencida, por más veces que me caiga. Son para mí el ejemplo de lo que quiero ser: personas brillantes, honestas, luchadoras, bondadosas, compartidas, amorosas y perseverantes en todo lo que hacen. Los amo.

A Mariana, Elisa, Andrea y José, por ser parte de quién soy y quererme como sea; por estar para mí siempre, sin importar en qué situación. Por ser mis cómplices.

A mis amadas sobrinas, Natalia, Aura e Inés, pequeñas luces que me llenan de amor siempre que las veo.

A Rosa María por el gran apoyo que me has dado para culminar este proyecto y por el gran ejemplo de mujer que eres para todas.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por financiar mis estudios

Al Colegio de Postgraduados Campus Puebla, por ser mi segunda casa de estudios.

Al Dr. Adrián Argumedo, por dirigir esta tesis y ayudar siempre de forma activa este largo proceso, sin quitar el dedo del renglón.

Al Dr. Juventino Ocampo, por su paciencia y constante guía por este camino tan empinado.

Al Dr. Gerardo Saucedo por hacerme amar más lo que hago, por mostrarme la parte apasionante de los residuos y por la enorme paciencia.

Al Dr. Benito Ramírez por su gran apoyo en la parte estadística y en la lógica de mis acciones.

A Mtro. Juventino Hernández, por abrirme las puertas del Relleno Sanitario de Atlixco y apoyarme siempre con este proyecto. Gracias por permitirme tener esta gran experiencia con usted y todo su equipo.

A las autoridades del Municipio de Atlixco.

A los locatarios del tianguis de Atlixco.

A los trabajadores del Departamento de Limpia del Municipio de Atlixco.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN.....	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.1. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	8
1.3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	11
2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	12
2.1. OBJETIVO GENERAL	12
2.2. HIPÓTESIS GENERAL	12
3. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	14
3.1. TEORÍA DE SISTEMAS.....	14
3.2. LA ORGANIZACIÓN SOCIAL.....	18
3.3. MERCADOS Y TIANGUIS.....	23
3.4. TEORÍA DEL DESPERDICIO.....	27
3.6. EDUCACIÓN Y CULTURA AMBIENTAL.....	44
4. METODOLOGÍA.....	48
4.1. TIPO DE ESTUDIO.....	48
4.2. MODELO METODOLÓGICO	48
5. RESULTADOS	64
5.1. DESCRIPCIÓN DEL TIANGUIS Y LA DINÁMICA DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS	64
5.2. ESTUDIO DE SEPARACIÓN Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS	77
5.3. ANÁLISIS DEL PRODUCTO OBTENIDO Y DE SU USO A NIVEL AGRÍCOLA	87
6. DISCUSIÓN	103

6.1. DISCUSIÓN EN TORNO A LAS HIPÓTESIS PLANTEADAS	104
7. CONCLUSIONES	118
8. REFERENCIAS	123

INDICE DE CUADROS, FIGURAS Y GRÁFICOS

Cuadros

Cuadro 1. Condiciones ideales de compostaje.....	39
Cuadro 2. Concentraciones (%) usadas en los tratamientos.....	57
Cuadro 3. Análisis de la calidad del compost en sus diferentes elementos nutritivos	84
Cuadro 4. Interpretación de los elementos nutrientes obtenidos.....	86
Cuadro 5. ANOVA en las variables de área foliar, diámetro de bulbo y peso del bulbo para rábano. Resultados significativos.....	94
Cuadro 6. Resultados de la prueba de ANOVA para el caso de Lechuga.	99

Figuras

Figura 2. Número de Rellenos Sanitarios por entidad federativa. Fuente: SEMARNAT 2012	6
Figura 3. Comparación de la producción de desechos <i>per capita</i> entre la capital del estado y el Municipio de Atlixco. Fuente INECC 2011.	9
Figura 4. Diagrama de la interrelación de los elementos que definen a una organización (Michel, 1974:27).....	20
Figura 5. Modelo de investigación	49
Figura 6. Polígono que marca la extensión del tianguis de la Ciudad de Atlixco. Se especifican las calles en las que se llevó a cabo la recolección diferenciada para la prueba piloto de compostaje y los puntos de mayor acumulación de residuos. .	55
Figura 7. Ubicación de Municipio de Atlixco, Puebla.	61
Figura 8. Ubicación del área urbana del municipio y del mercado de la ciudad. Fuente: elaboración propia a través de georreferenciación <i>in situ</i>	63
Figura 9. Ruta de acción para el personal encargado del proceso.....	81

Fotografías

Fotografía 1. Experimento para identificar el porcentaje de germinación. Las 10 repeticiones del experimento de lechuga y las 10 repeticiones del experimento en rábano.	59
Fotografía 2. Proceso de recolección de residuos generados por el tianguis.....	67
Fotografía.3. Residuos orgánicos recolectados del tianguis de la Ciudad de Atlixco.	78
Foto 4 y 5. Método de humectación y aireación de las pilas de compostaje de los residuos provenientes del tianguis de la Ciudad de Atlixco. Semana 4 y 5 del proceso.....	83
Fotografía 6. Comparación de crecimiento vegetal entre Turba (TUR, izquierda) y T1 (derecha) en rábano.	92
Fotografía 7. Comparación de crecimiento vegetal desigual en lechuga. Empezando de adelante hacia atrás son los tratamientos TUR, T1, T2, T3, T4 y T5.	93
Fotografía 8. Crecimiento de bulbos de rábano en tratamiento 3 y 4 correspondientemente, en la semana final del experimento.	97
Fotografía 9. Crecimiento de lechuga en diferentes sustratos. T3 (izq), T4 (centro) y T5 (der).....	102

Gráficas

Gráfico 1. Comparativa entre la actitud y la conducta que expresaron los locatarios ante el manejo de residuos del tianguis.	69
Gráfica 2. Relación entre la actitud de los locatarios ante el manejo de residuos y su lugar de procedencia.	71
Gráfica 3. Relación entre la conducta de los locatarios ante el manejo de residuos y el lugar de procedencia.	72
Gráfica 4. Comparativo entre la actitud que presentan los locatarios con educación básica ante el manejo de residuos y la actitud de los locatarios con educación superior.	73
Gráfico 5. Comparativo entre el comportamiento que presentan los locatarios con educación básica ante el manejo de residuos y el comportamiento de los locatarios con educación superior.	74

Gráfica 6. Locus de control relacionado con nivel de escolaridad.....	75
Gráfica 7. Relación entre locus de control y lugar de procedencia.....	76
Gráfica 8. Aumento (Kg.) en la cantidad de material recibido para la prueba de compostaje	79
Gráfica 9. Porcentaje de germinación comparado por tratamiento, y por planta.....	89
Gráfica 10. Valores de peso húmedo total comparados por tratamiento en lechuga y rábano.	90
Gráfico 11 .Comparación de crecimiento medio radicular entre lechuga y rábano, por tratamiento.	91
Gráfico 12. Comparación entre tratamientos del promedio del área foliar en rábano.	95
Gráfica 13. Comparación de diámetro de bulbos entre tratamientos.....	96
Gráfica 14. Peso promedio de bulbos en rábano, por tratamiento.	96
Gráfico 15. Comparación promedio del área foliar de la lechuga entre tratamientos.	100
Gráfica 16. Comparación entre longitud de la raíz para cada tratamiento de lechuga	101
Gráfica 17. Pesos húmedos totales de cada tratamiento de lechuga.....	101

INTRODUCCIÓN

La generación y manejo de residuos sólidos urbanos es un problema de interés mundial, el cual ha aumentado drásticamente en las últimas décadas derivado del crecimiento poblacional y la modificación de los patrones de producción y consumo globales. En México, las cifras reportadas por INEGI (2010) sobre generación y manejo de residuos nos muestran un incremento en la generación de residuos *per capita*, impactando directamente en las necesidades y estrategias de manejo a nivel nacional.

En México, los municipios son responsables del manejo de los residuos sólidos generados (Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, 2014) y de proveer a sus habitantes un sistema efectivo y eficiente para estos fines. Sin embargo, las administraciones y autoridades municipales constantemente se enfrentan con problemas que sobrepasan las capacidades e incluso las atribuciones de autoridad de un municipio, comúnmente relacionados a la falta de financiamiento, organización, y capacidad de abordar el sistema de los residuos desde un punto de vista multidimensional (Burntley, 2007).

Las implicaciones en la salud y en el ambiente asociadas a un deficiente plan de manejo de los residuos sólidos urbanos representan una situación que requiere alta prioridad. Sin embargo, para plantear soluciones eficientes que disminuyan los riesgos a la salud y la contaminación ambiental es necesario analizar los múltiples elementos que convergen en esta problemática. La propuesta de una estrategia para el manejo integral de residuos sólidos urbanos debe abarcar factores políticos, económicos, socioculturales y ambientales con el fin de atacar el problema desde todas las esferas involucradas y disminuir el riesgo de elaborar una estrategia incompleta o poco efectiva.

Esta investigación tomó por objeto de estudio el manejo de los residuos sólidos orgánicos generados al interior del tianguis de la Ciudad de Atlixco, Municipio de Atlixco, en el estado de Puebla. En consideración a las dimensiones del fenómeno a estudiar y a las posibilidades de tiempo y recursos destinados para este estudio, se decidió delimitar el trabajo a la zona del tianguis de la ciudad, por ser una de las áreas con mayor generación de residuos sólidos con una importante fracción de origen orgánico.

Para comprender la situación del manejo y disposición final de los residuos sólidos urbanos (RSU) fue necesario desagregar los componentes sociales de los biológicos y después integrarlos en la comprensión final, ya que cualquier estrategia de análisis de un problema complejo requiere este proceso dialéctico de desagregación e integración.

Los resultados de esta investigación están estructurados de acuerdo al proceso metodológico, y se presentan de la siguiente manera: 1) se realizó un diagnóstico general sobre la generación, dinámicas de manejo, y factores sociales que interactúan en la problemática de los residuos; 2) a partir del diagnóstico realizado, se planificó y ejecutó un plan de separación de residuos dentro del tianguis; 3) posteriormente se realizó una prueba piloto de una Planta de Compostaje en la que se procesaron los residuos orgánicos separados, a través de compostaje aeróbico en pilas al aire libre; 4) finalmente se evaluó del producto final del compostaje, con el fin de conocer su efecto como sustrato en prácticas agrícolas y hortícolas de la región.

El resultado final de esta investigación es la elaboración de una propuesta de estrategia de manejo integral de residuos sólidos, dirigida a los grandes centros de comercio como lo son los tianguis y mercados municipales, donde se puntualizan los elementos claves identificados a través del trabajo realizado.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

“Tradicionalmente se considera a los grupos sociales como el agente vulnerable o pasivo, en tanto que los agentes catastróficos o activos resultan ser los fenómenos naturales. Sin embargo, cuando la actividad humana llega a generar condiciones de riesgo, la naturaleza pasa a convertirse en el agente receptor del daño”. Héctor Escobar (2001)

1.1. JUSTIFICACIÓN

El esquema consumista en el que está envuelta la sociedad trae aparejada la generación de residuos en abundancia, asociados a la creencia de que el hombre posee el entorno para su uso y disposición (Berglund y Matti, 2006) y a la poca conciencia de las consecuencias que tienen las acciones individuales y colectivas en el entorno. Aunado a esto, el rápido incremento poblacional, el incremento en los niveles económicos, la acelerada urbanización de zonas rurales, y el incremento en los estándares de calidad de vida han generado un rápido aumento en la generación de residuos sólidos municipales, sobre todo en los países en vías de desarrollo (Minghua *et al.*, 2009).

El mal manejo de residuos a nivel mundial implica pérdidas económicas, no solo por el desperdicio de los materiales, sino por los problemas públicos que generan y que deben ser solucionados posteriormente por los gobiernos federales y locales (Quadri-de-la-Torre, *et al.*, 2003). Una forma deficiente de manejo de los desechos impacta en la composición química y física del aire, suelo y agua. El depósito irresponsable de los residuos sólidos en arroyos y canales o su abandono en las vías públicas, causan la erosión de suelos e impide la recarga de acuíferos; provoca la proliferación de fauna nociva transmisora de enfermedades; la modificación de las características naturales de los sistemas de arroyos, y durante la época de lluvia, se provoca la obstrucción de los sistemas de drenaje y alcantarillado de los centros urbanos y rurales, generando inundaciones, y pérdida en producción agrícola, bienes materiales y de vidas humanas, además de contribuir al arrastre de materiales sedimentarios fundamentales en la calidad de suelos de producción (SEMARNAT, 2012). La situación descrita demanda un manejo adecuado de residuos, que permita el aprovechamiento de la mayor cantidad de materiales desechados y que evite la filtración de lixiviados a los suelos y aguas y la

liberación de gases tóxicos en el ambiente y el deterioro de la calidad de vida de la población.

El Banco Mundial (escrito por Hoornweg *et al.*, 2012) estima que a nivel global, la cantidad de residuos sólidos de los municipios aumentará de 1,300 millones de toneladas anuales que se generan actualmente, a 2,200 millones de toneladas para el 2025. La mayoría del aumento se producirá en ciudades con rápido crecimiento de países en desarrollo. Este aumento en la producción de residuos tiene repercusiones de orden económico. Se prevé que el costo anual de la gestión de residuos sólidos aumentará de USD \$205,000 millones actuales a USD \$375,000 millones en ese mismo año; el aumento más fuerte del costo se registrará en las ciudades de bajos ingresos (Hoornweg y Bhada-Tata, 2012).

En México la generación de basura en los últimos 15 años ha aumentado de manera constante (figura 1). En el 2000 la generación total de residuos en todo el país fue de 30 millones 733 mil 263 toneladas. Para 2010, esta cifra aumentó 10 millones de toneladas (4.33% más que en 2009) y tan solo en 2011 se aumentaron 1.1 millones de toneladas (2.53% más que en 2010). En 2012, la generación de residuos alcanzó 42.2 millones de toneladas (2.6% más que en 2011), con una aportación *per cápita* anual de 362.8 kilogramos, es decir tres kilogramos más que los generados en 2011 (SEMARNAT, 2012). Esto indica la velocidad con la que la generación de residuos aumenta en el país, y con esta, la necesidad de infraestructura y redes adecuadas para su manejo.

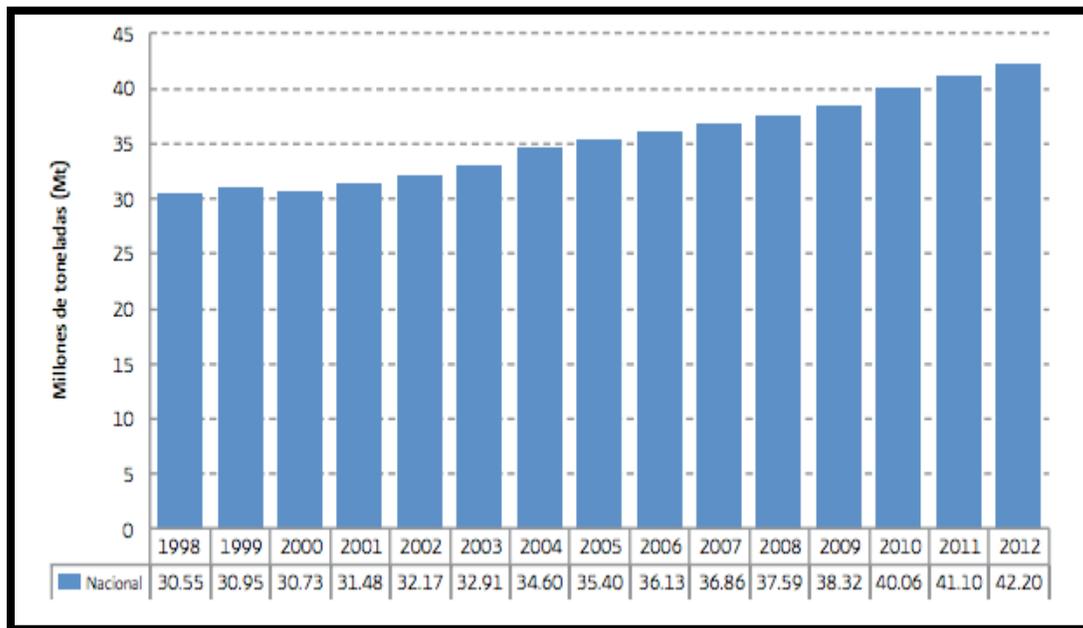


Figura 1. Generación de residuos sólidos en México 1998-2012. Fuente: SEMARNAT 2012

En el 2010, tan solo 28 millones de los 40 millones de toneladas de residuos generados por los mexicanos se disponían en sitios controlados, es decir, el 70%, y casi el 99% de estos no tenían un tratamiento previo, como separación desde el origen (INEGI, 2010). Para el 2012 el 70.5% de los residuos sólidos, se disponían en sitios controlados (Quinta Comunicación Nacional, 2012), y aunque este porcentaje indica un pequeño avance, aún hay 30% de residuos sin confinamiento, que implican impactos al ambiente, grandes cantidades de residuos sin reincorporar a la cadena productiva, y por tanto, pérdidas económicas.

El número de rellenos sanitarios en el país ha crecido de manera significativa en los últimos años. Entre 1995 y 2011 su número se incrementó de 30 a 196, pasando la capacidad de almacenamiento de residuos total de 5.95 millones de toneladas a 26.14 millones de toneladas. En la actualidad, todas las entidades cuentan con rellenos sanitarios para disponer sus residuos; los estados que cuentan con más rellenos sanitarios son Puebla (17), Nuevo León (14), Guanajuato (12) y Tamaulipas (11),

mientras que el Distrito Federal y Aguascalientes cuentan con un relleno sanitario (figura 2) (SEMARNAT, 2012)

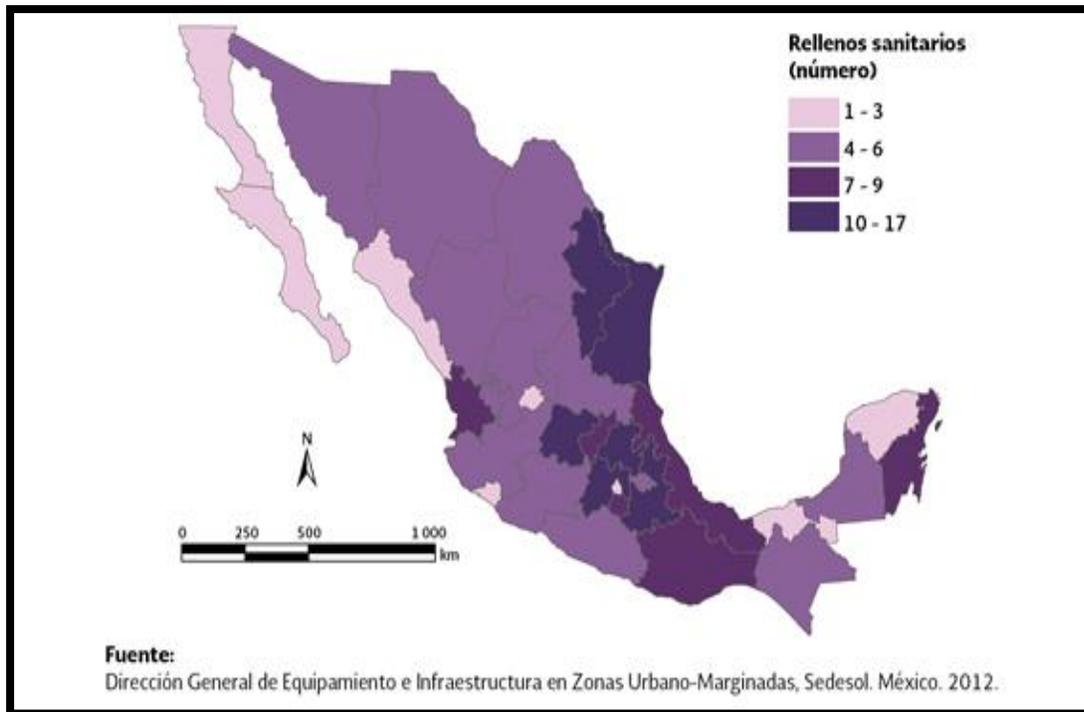


Figura 2. Número de Rellenos Sanitarios por entidad federativa. Fuente: SEMARNAT 2012

La mayoría de los vertederos al aire libre y los rellenos sanitarios del país no cumplen con los requisitos técnicos indispensables para un funcionamiento correcto (Armijo de Vega, 2011). En general, las zonas rurales son las depositarias de los residuos sólidos urbanos, ya que los tiraderos se tratan de ubicar lo más lejanos posible de las ciudades. Por otro lado, las comunidades municipales en general, excepto en las cabeceras municipales, no cuentan con servicio de colecta de basura, por lo que las depositan en barrancas, lo que provoca que en tiempos de lluvia se transporten los desechos a las parcelas agrícolas, contaminando los suelos productivos (Silva, 2003), y generando problemas de salud que deben ser atendidos por las instituciones de salud locales.

Por otro lado, el fenómeno del crecimiento en la cantidad de desechos está relacionada también con el cambio en el tipo de desechos. Según el INEGI (2010) la cantidad de desperdicios plásticos ha aumentado de 1.5 millones de toneladas en el 2000 a casi 4.5 millones de toneladas para el 2010, y el porcentaje de materia orgánica a nivel nacional

se redujo de 50% a 45% en diez años (INEGI, 2010). Se puede identificar un cambio en los hábitos de consumo, de producción de consumibles y un impacto en el ambiente importante de estudiar, ya que dependiendo del tipo de residuos generados, se deberá recurrir a distintas estrategias de manejo y procesamiento.

El origen y tipo de desechos urbanos están en función de la diversidad de actividades que existan en el territorio. La industria, el comercio, las actividades domésticas, el turismo, las actividades de servicios públicos, gubernamentales y hospitalarios generan gran cantidad y diversidad de residuos, con necesidades de tratamiento diferenciado. Existen estudios que afirman que la cantidad y tipo de residuos generados por individuo varían en función del nivel de ingresos económicos (Luna, 2003; Acurio *et al.* 1998), y de la creencia sobre las necesidades y deseos de posesión material confundido con bienestar. Las zonas pobladas con mayor índice de urbanización son las que más residuos producen, con un componente inorgánico mayoritario. En esa misma lógica, las zonas rurales del país son las que mayor cantidad de residuos orgánicos producen. El tipo de residuos que se generan depende del estrato social y de la cobertura de servicios públicos (Luna, 2003).

Como se ha comentado ya, el problema de los residuos no es sólo de orden medioambiental y de salud. El factor socioeconómico de los residuos en las ciudades también es importante de mencionar. De forma general, el manejo de los RSU representa del 1% al 5% de todos los empleos –formales e informales- urbanos en la mayoría de las ciudades (Hoornweg y Bhada-Tata, 2012). Mientras más se incrementa la tasa de crecimiento poblacional, mayor es la necesidad de solucionar la recolección, disposición y manejo de los nuevos residuos, lo cual requiere de nuevos empleos, que en su mayoría se vuelven personas jóvenes, expuestas a enfermedades y sin oportunidades de prestaciones laborales para solventarlas. Los gobiernos, por tanto, tiene un constante debate entre las formas y necesidades crecientes del manejo de residuos, con los costos que esto implica y los peligros de no hacerlo de la forma adecuada.

Todos estos factores representan un reto importante de atender y cuyo abordaje deberá incluir el mayor número de elementos para una comprensión holística del problema.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Por ley, los municipios tienen a su cargo las funciones de manejo integral de residuos sólidos urbanos, que consisten en la recolección, traslado, tratamiento, y su disposición final (LGPGIR, 2015, Artículo 10) En el 90% de los municipios del país, los desechos no tienen una disposición diferenciada en fracciones. Cuando los residuos no tienen un tratamiento previo a la disposición final en rellenos o tiraderos al aire libre comienzan los problemas ambientales más difíciles de solucionar: los procesos biológicos de descomposición combinados con las reacciones fisicoquímicas de la materia inorgánica generan lixiviados altamente tóxicos, emanaciones gaseosas volátiles y masas de putrefacción difíciles de procesar y altamente contaminantes (Jaramillo y Zapata, 2008).

En el estado de Puebla existen 17 rellenos sanitarios en operación, colocándose como el estado con más número operando a nivel nacional (INEGI, 2010). Dentro de estos, el relleno intermunicipal de Atlixco es el único que recibe desechos de 7 municipios y juntas auxiliares aledañas y del estado de Morelos, a partir de un convenio firmado por el H. Ayuntamiento Municipal de Atlixco en 2011. Es el único relleno sanitario del estado al que la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) le ha otorgado la certificación ISO 14000 como Industria Limpia; un certificado que se otorga regularmente a industrias privadas, pero que por el buen manejo en el cual se ha llevado este relleno, en cuanto a orden, capacitación del personal, limpieza y transparencia, se le otorgó a esta dependencia gubernamental. Sin embargo, el manejo diferenciado de residuos no está dentro de las actividades del relleno y todos los residuos se depositan sin discriminación.

El estado de Puebla es un centro de concentración urbana importante a nivel nacional, con una superficie de áreas urbanas de 488.48 kilómetros cuadrados (INEGI, 2005) el manejo de los RSU se convierte en un tema fundamental de abordar. Atlixco es un municipio que ocupa el 5° lugar estatal con mayor superficie urbanizada, donde se llevan a cabo las actividades comerciales importantes, después de los municipios Izúcar de Matamoros, San Martín Texmelucan, Tehuacán y el Municipio de Puebla (INEGI, 2005). Atlixco también es uno de los principales centros de generación de residuos del estado,

con mayores conflictos para su manejo y un importante porcentaje de residuos orgánicos por la naturaleza de sus actividades agrícolas y ganaderas.

A pesar de que el Municipio de Puebla genera más toneladas de residuos totales al año, en los últimos 13 años, Atlixco presenta una mayor producción de residuos *per capita* anual, como se muestra en la figura 3. (INE, 2011).

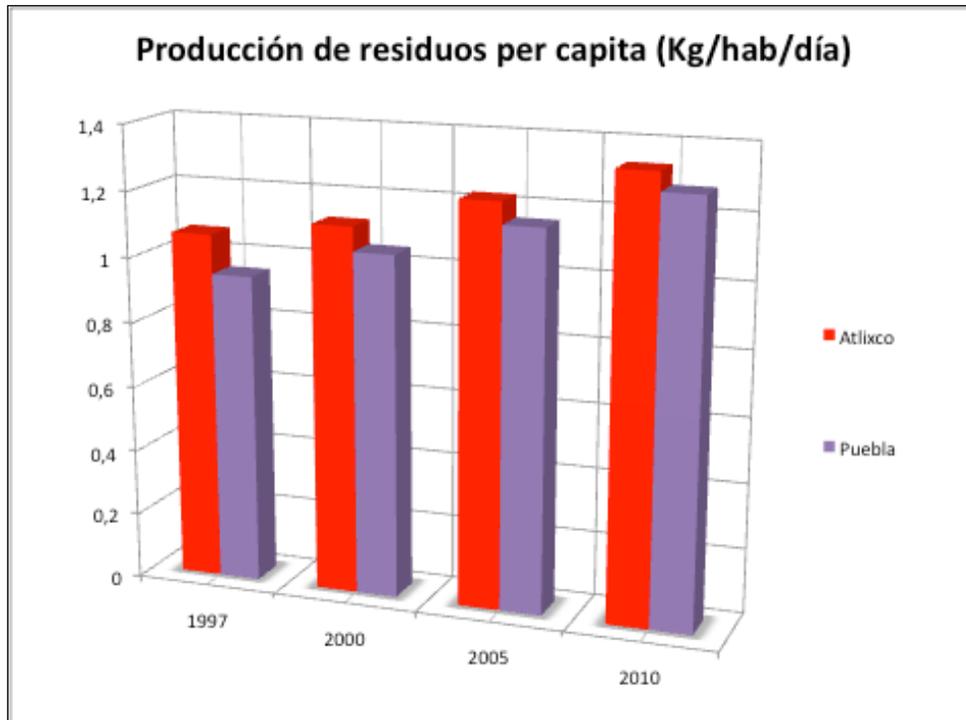


Figura 3. Comparación de la producción de desechos *per capita* entre la capital del estado y el Municipio de Atlixco. Fuente INECC 2011.

Las fuentes de generación de residuos más importantes en el municipio son los sectores doméstico, industrial, y comercial. Perteneciente a éste último sector, los locales comerciales, mercados y tianguis, son grandes centros de generación de residuos sólidos, cuyas actividades comerciales congregan a una gran cantidad de personas, que se reúnen con el objetivo de comprar y/o vender productos, en su mayoría orgánicos, dejando a su paso una gran cantidad de desechos. El tianguis de la ciudad de Atlixco es uno de los más grandes y antiguos del estado de Puebla, en el que convergen varios municipios y juntas auxiliares como Santa Isabel Cholula, Huaquechula, Santa Clara

Ocoyucan, Izúcar de Matamoros, Tochimilco, Tochimizolco, e incluso de otros estados de la República como Morelos. Actualmente es considerado uno de los dos ejes económicos, junto con el turismo, con mayor importancia para el municipio.

Las consecuencias del deficiente manejo de los residuos al interior del tianguis son conocidas por los actores involucrados y cada vez más conflictivas. Los principales problemas que el mal manejo de los residuos del tianguis de la ciudad ha acarreado durante más de 30 años son: costos altos en recolección, malos olores, problemas de salud pública, obstrucción de coladeras, plagas como roedores y cucarachas, baja en las ventas locales por aspecto urbano deficiente, constantes conflictos vecinales, al interior del tianguis y con las autoridades competentes.

La dimensión de este tianguis es relevante a nivel regional e incluso a nivel estatal. La Administración de tianguis y mercados del municipio tiene un registro de 5,000 locatarios titulares, los cuales dan empleo a más personas al contratar estibadores, personas que instalen los locales, o a revendedores de los materiales, etc. No existe registro de otro tianguis en la región con esta cantidad de afluencia. Del total de locatarios, según el padrón de Administración de Tianguis y Mercados, por lo menos 3,000 son productores de su mercancía, provenientes de aproximadamente 50 comunidades.

Los días de más abundancia comercial son los martes y sábados, sin embargo lunes y viernes se mantienen los puestos y comerciantes en la misma zona pero con menor afluencia. Al final de la jornada comercial, se dejan en la vía pública aproximadamente 30 toneladas de residuos al día, de los cuales, por cálculos del municipio y por la naturaleza de los materiales en venta, por lo menos el 65% es de origen orgánico y tiene posibilidades de ser procesado y aprovechado. Estas 30 toneladas son el 30% de las 100 toneladas diarias que se generan en la ciudad. Esto denota la importancia regional de este centro de comercio, y la urgencia de hacer un estudio en materia de residuos generados por el tianguis.

Un estudio de la situación de los residuos sólidos generados al interior del tianguis de la ciudad de Atlixco sería un ejercicio para identificar cuáles y en qué medida se involucran

los factores sociales, políticos, culturales y económicos que limitan el manejo adecuado de los residuos que se generan en el tianguis.

1.3. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Ante la situación descrita, se hacen las siguientes preguntas de investigación:

- 1) ¿Cuáles son las características y condiciones del manejo de los residuos generados en el tianguis de la Ciudad de Atlixco?
- 2) ¿Cuáles son las principales causas que no permiten que se logre un manejo y separación de residuos eficiente?
- 3) ¿Cuál o cuáles son los procesos más adecuados según las condiciones del tianguis que permitan el aprovechamiento de los residuos orgánicos generados del tianguis, y su utilización en actividades agrícolas regionales?
- 4) ¿Cuáles son los principales elementos que deben considerarse en el diseño de una estrategia de separación y manejo de residuos de un tianguis como el de la Cuidada de Atlixco?

2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.

2.1. OBJETIVO GENERAL

Conocer y describir las características que la organización del tianguis de Atlixco y sus integrantes tienen respecto a la generación de residuos, las condiciones en que son generados, así como los principales factores que afectan el manejo adecuado y limitan la formulación de una estrategia apegada a la norma orientada al uso de la fracción orgánica.

Objetivos Particulares:

2.1.1.1. Realizar un diagnóstico de la situación actual del tianguis, en relación a la producción y manejo de residuos sólidos para identificar y estudiar las principales variables sociales que pudieran influir en la separación de los residuos del tianguis.

2.1.1.2. Realizar una prueba piloto de recolección diferenciada y procesamiento de la fracción orgánica del tianguis y estudiar su factibilidad operacional a nivel municipal.

2.1.1.3. Analizar las cualidades que puede tener el producto orgánico procesado de dichos desechos.

2.1.1.4. Identificar los elementos esenciales para diseñar una estrategia de gestión de residuos, con énfasis en la parte orgánica, proveniente del tianguis.

2.2. HIPÓTESIS GENERAL

Los desechos generados en el Tianguis de Atlixco no tienen un plan adecuado de manejo para generar productos de uso agrícola debido a que la creación de este se orientó a fines comerciales y económicos, la estructura administrativa de la organización está orientada solo a esos fines, además la aplicación de las normas oficiales no tiene respuesta en las autoridades y los locatarios debido a que carecen de una estrategia que les permita tener un plan integral y conjunto de manejo eficiente.

2.2.1 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:

Hipótesis 1: El Tianguis se formó con fines comerciales y económicos, y dentro de sus objetivos no se consideraron apartados específicos relativos al manejo de desechos. Actualmente su estructura y funcionamiento no tienen ninguna relación con las actividades correspondientes a la disposición y tratamiento de sus desechos, por lo que este tema se ha vuelto un serio problema a resolver.

Hipótesis 2: Las normas oficiales que rigen el manejo de residuos dentro del tianguis no son aplicadas por las autoridades y no son parte del conocimiento de los locatarios.

Hipótesis 3: Actualmente el manejo de residuos está condicionado por una actitud de indiferencia y desinterés por parte de los locatarios, que surge de una cultura individual la cual no vislumbra las consecuencias aparejadas del tirar los residuos en la vía pública.

Hipótesis 4: Considerando el tipo y cantidad de residuos que se generan a causa de las actividades del tianguis, el proceso de compostaje al aire libre con un nivel bajo de mecanización sería el más adecuado para su aprovechamiento en forma de abono orgánico (compost).

3. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

El manejo de residuos es un tema complejo por la cantidad de variables que lo constituyen. El universo de variables sociales que engloba se relaciona con la política y la economía, que a su vez están ligadas a la tecnología y al medio ambiente. Por esto, una sola estrategia que quiera abarcar este sistema en su totalidad necesita una revisión exhaustiva de información y referentes, lo cual, para los alcances de la presente investigación, no es factible. Por tanto, se ha optado por la fragmentación del problema, ya que es una de las formas más utilizadas para abarcar sistemas complejos (García, 2006), de tal manera que, al ver un universo más específico, es posible investigarlo con mayor detalle, para después poder integrarlo al sistema, y hacer un análisis desde un enfoque interdisciplinario.

El primer elemento a tomar en cuenta para este marco teórico es el de la teoría de sistemas y los sistemas complejos. Posteriormente se analizan los temas teóricos del manejo de residuos y de las organizaciones, ya que el tianguis de la ciudad se toma desde un inicio como una organización.

3.1. TEORÍA DE SISTEMAS.

En general se podría decir que estudiosos que definen a los sistemas están de acuerdo en que son un conjunto de partes coordinadas y en interacción para alcanzar un conjunto de objetivos (Johansen, 2004). Este conjunto puede ser concreto o abstracto, natural o artificial, poseer una cierta dinámica real o imaginada, y está inmersa dentro de un entorno (Latorre, 1996). Los sistemas son la forma de agrupar elementos y delimitar espacios o dinámicas, con el fin de tener un vistazo enfocado en cierto fragmento de la realidad. Cuando se busca describir un sistema, debemos buscar los

rasgos más relevantes que lo distinguen como un conjunto diferente de otro, o de una unidad elemental o total.

La teoría de sistemas (TS) es una rama específica de la teoría general de sistemas (TGS). Se origina entre 1950 y 1968 con los trabajos del biólogo alemán Ludwig von Bertalanffy. En un sentido amplio, la TGS se presenta como una forma sistemática y científica de aproximación y representación de la realidad y, al mismo tiempo, como una orientación hacia una práctica estimulante para formas de trabajo interdisciplinarias (Alba, 1995). La TGS es un método para analizar y estudiar la realidad y desarrollar modelos, a partir de los cuales se busca aproximarse paulatinamente a una parte de esa globalidad que es el Universo. Todos los sistemas concebidos de esta forma por un individuo dan lugar a un modelo del Universo, una cosmovisión cuya clave es la convicción de que cualquier parte de dicho Universo, por pequeña que sea, juega un papel y no puede ser estudiada en un contexto aislado (Johansen, 2004).

La TGS se caracteriza por su perspectiva holística e integradora, en donde lo importante son las relaciones y los conjuntos que a partir de ellas emergen. Diversas disciplinas científicas han mostrado como común denominador la utilización del método de sistemas, ya que ofrece un ambiente adecuado para la interrelación y comunicación fecunda entre especialistas y especialidades, teniendo enormes ventajas para abordar problemas complejos de la realidad y un gran potencial para facilitar la concepción interdisciplinaria, en el análisis y explicación de la organización, jerarquías y lógicas de funcionamiento de las modalidades de los sistemas; además, sirve para la integración de los resultados disciplinarios y para dar coherencia explicativa a los mismos (Gigch, 1987; Alba, 1995; Johansen, 2004).

La TGS no soluciona problemas por sí misma, pero produce formulaciones conceptuales que pueden crear condiciones de aplicación en la realidad empírica.

También la teoría afirma que las propiedades de los sistemas no pueden describirse significativamente en términos de sus elementos separados, la comprensión de los sistemas sólo ocurre cuando se estudian globalmente, involucrando todas las interdependencias de sus partes.

Existen elementos descritos dentro de los sistemas y varios tipos de sistemas, clasificados según sus características principales, como el flujo de energía y el número de elementos interactuando. Por ejemplo, se habla de que cada sistema tiene subsistemas, que son pequeños sistemas interactuando al interior del sistema mayor, y que podrían ser estudiados de manera aislada, pero que al ser estudiados en su conjunto con los demás subsistemas se comportan de manera distinta (Johansen, 2004).

Otro punto de los sistemas son los niveles de organización, que van de lo más simple a lo más complejo, pensando en el concepto de recursividad como lo plantea Johansen (2004). Primero se encuentra el nivel de organización de estructuras estáticas, o marco de referencia, donde se establece la estructura teórica de todo sistema. El subsecuente nivel de complejidad son los sistemas dinámicos simples, con movimientos determinados, predecibles, donde el punto de equilibrio no es móvil. El tercero son los sistemas "cibernéticos", en donde el punto de equilibrio depende del tipo de información que interactúe dentro del sistema. Un ejemplo de este tipo de sistemas son los homeostáticos. El cuarto nivel es el correspondiente a los sistemas abiertos, que serán explicados adelante. Después siguen los sistemas genéticos-sociales, con división de trabajo y diferenciaciones marcadas, luego el sistema humano, y finalmente los sistemas de organizaciones sociales.

La definición de un sistema abierto y uno cerrado varían mucho por autor, pero la más aceptada es la establecida por Bertalanffy (1964), donde señala que un sistema

cerrado es aquel que no intercambia energía con el entorno, ya sea de importación o de exportación, a diferencia del sistema abierto, que sí tiene estas interacciones.

La complejidad de un sistema está dado en función de la interacción de sus partes, como se menciona anteriormente. Un sistema social es uno de los sistemas con mayor nivel de complejidad, dentro de los niveles de organización mencionados anteriormente. Se considera que un sistema es complejo por el nivel de organización estructural de sus componentes, cuyas interrelaciones dan origen al surgimiento de funciones sinérgicas (propiedades emergentes). Explicar estas funciones no es posible con la sola descripción de las partes, pero identificar una organización jerárquica en los niveles de complejidad permite analizarlos a partir de niveles más simples e identificar sus interrelaciones más significativas (SEMARNAT, 2003).

Todo fenómeno complejo está compuesto por elementos interrelacionados, unas veces lineales y otras no lineales. Unas veces dadas en el mismo plano y otras dadas en planos históricos. El problema que pretende resolver el paradigma de la complejidad es cómo abordar lo real en la forma menos reductora posible. Asimismo, el paradigma de complejidad pretende pensar una realidad en movimiento; acabar con la tendencia lingüística a pensar como si los “objetos” de nuestra realidad fueran estáticos (Morin *et al.*, 2002). Morin (1977) ha señalado que la complejidad no quiere complicar lo que es simple o lo que se pueda simplificar. La complejidad no reduce la visión de lo real ni a lo meramente analítico ni a lo holístico.

3.2. LA ORGANIZACIÓN SOCIAL

3.2.1. Principios de organización social desde la perspectiva de sistemas

Entender los procesos propios de una organización en un estudio como éste es un punto clave, ya que uno de los elementos protagónicos dentro del sistema a estudiar es la organización y sus dinámicas en cuanto a manejo de residuos.

Una organización social o sistema social, se puede definir como un conjunto de roles interconectados por canales de comunicación (Johansen, 2004). El hablar del proceso de organización o de las organizaciones a lo largo de la historia de la humanidad o en los procesos sociales es inevitable, ya que es a partir de estas que se puede hablar de la creación de la sociedad.

Para estudiar un grupo humano en interacción se debe de hablar de la *dinámica social*, definida en términos generales como “*el desarrollo y evolución de la sociedad. El paso de la sociedad de formas primitivas a formas desarrolladas. Movimiento de los miembros de la sociedad en la producción, la ciencia, el arte y la lucha de las distintas clases sociales*” (Méndez, 1984:14). Es decir, que por medio de la dinámica social es posible darse cuenta de los logros y posibilidades sociales para el mejoramiento de la vida humana.

Para estudiar las dinámicas sociales se debe de tomar como base a la organización, que junto con el trabajo y el lenguaje nos permite explicar el desarrollo de la humanidad a través del tiempo.

3.2.1.1. Definición de organización

En el sentido más amplio una organización es un sistema integrado por individuos. Las posibilidades humanas para organizarse son ilimitadas, lo que ocasiona una complejidad creciente del mundo moderno (Méndez. 1993). La definición de sistema

planteada por Guillermo Michel (1974) propone que los sistemas son conjuntos de unidades interrelacionadas de manera más o menos complejas y que actúan en función del todo.

Por otro lado, es importante mencionar las características de una organización marcadas por Edgar Schein (Méndez, 1993), las cuales nos marcan un modelo a seguir o una estructura necesaria para considerar a una organización como tal:

- Debe concebirse como un sistema abierto, es decir, con múltiples relaciones con su entorno.
- Debe concebirse como un sistema con múltiples funciones necesarias para integrar y coordinar.
- Conlleva muchos subsistemas en interacción dinámica.
- Dado que estos subsistemas son mutuamente dependientes sus cambios afectarán el comportamiento de los demás.
- La organización existe en un ambiente o entorno dinámico.
- Las múltiples relaciones entre la organización y su entorno dificultan especificar claramente las fronteras de una entidad dada.

Otros puntos elementales en la composición de una organización son las fuerzas o factores físicos, sociales, económicos, culturales y políticos, los cuales influyen en mayor o menor grado a través de una interrelación. Asimismo, una organización recibe insumos (personas, materia prima, energía, información) que procesa y al terminar de transformarlos entrega productos (materiales o inmateriales), bienes y servicios. En la figura 4 se muestra la interacción de estos elementos al interior de una organización.

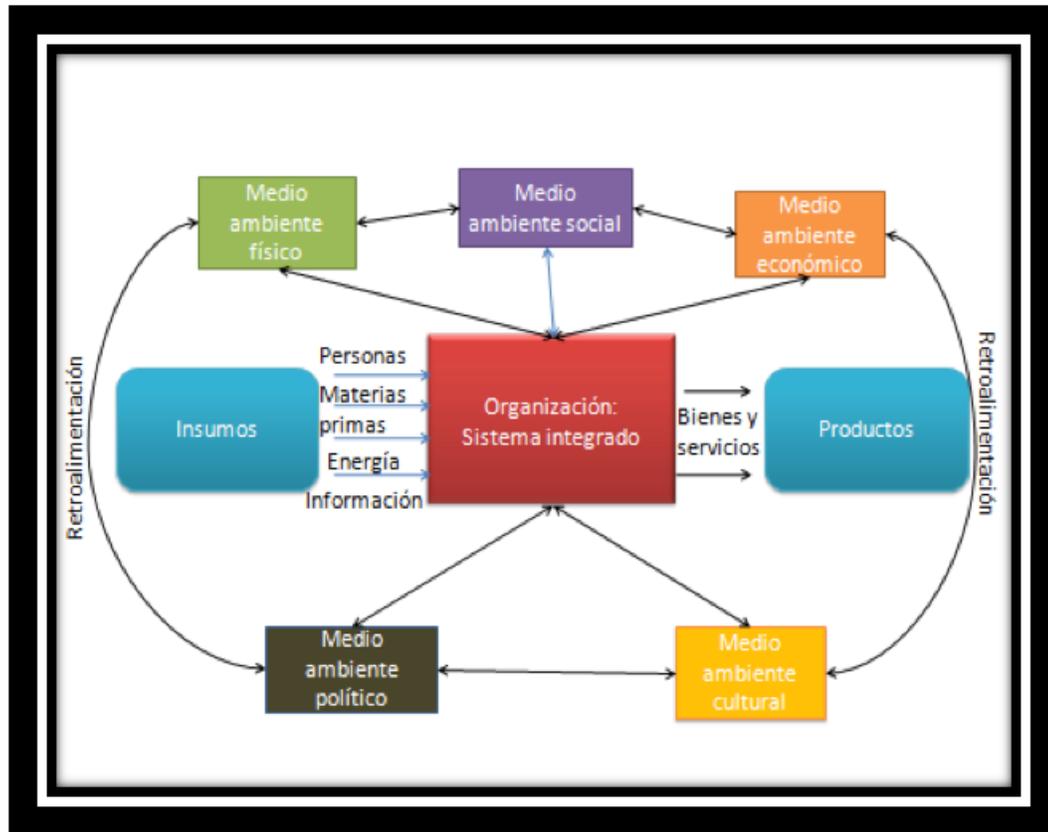


Figura 4. Diagrama de la interrelación de los elementos que definen a una organización (Michel, 1974:27).

Otra forma de estudiar a una organización es mediante lo planteado por Gibson (1983), a partir de 3 elementos base en toda organización: el *comportamiento*, *la estructura* y *los procesos*. Este enfoque está más estrechamente relacionado con esta investigación ya que uno de los enfoques principales es el social, para lo cual se utilizará el comportamiento como parte del estudio.

A partir de la definición anterior y después de haber descrito características que forman a una organización es importante resaltar que el análisis de cualquier tipo de organización tiene que ir enfocado hacia 3 características específicas, como menciona Mayntz, (1972):

1. Toda organización es una formación social de totalidades articuladas con un círculo específico de miembros y una diferenciación interna de funciones.
2. Las organizaciones están orientadas conscientemente hacia fines y objetivos específicos.
3. Las organizaciones están configuradas racionalmente para cumplir con los objetivos específicos.

Con estos puntos se pueden marcar líneas muy claras metodológicas que ayuden en la investigación de algún proceso organizacional

3.2.1.2. Tipos de organización:

A pesar de las discusiones en torno a las distintas tipologías que se puedan generar en relación a las organizaciones, un gran número de estudiosos se valen de esta clasificación para señalar actividades, funciones, formas de trabajo e incluso interrelaciones humanas para llegar a un análisis de la organización (Mayntz, 1972; Méndez, 1993).

Parsons (1967) describe 4 tipos de organizaciones según la función que tienen:

1. Organización de producción: Se encarga de elaborar productos que serán consumidos por la sociedad (empresas).
2. Organización política: Busca generar y distribuir poder dentro de la sociedad (sindicatos).
3. Organización integrativa: Encaminada a motivar la satisfacción de expectativas institucionales y asegurar que las partes de la sociedad funcionen de manera compacta (bomberos o grupos de rescate).

4. Organización para el mantenimiento de patrones: Trata de asegurar la continuidad de la sociedad por medio de actividades educativas, culturales y expresivas (escuelas).

Otra clasificación es la que plantea Mayntz (1972), en la que propone 3 tipos de organización según sus objetivos: 1) las que limitan a la coexistencia de sus miembros a su actuación común y al contacto recíproco que esto exige. A este tipo de organizaciones pertenecen los grupos de recreación y esparcimiento, y pertenecer a ellos es opcional; 2) las organizaciones que actúan de manera determinada sobre un grupo de personas que son admitidas para este fin. A este tipo de organizaciones pertenecen las prisiones, escuelas, universidades, hospitales, iglesias; predominan la burocracia y el orden racional; 3) las que tienen como objetivo el logro de ciertos resultados o determinada acción hacia afuera. Estas pertenecen a lo que llama Mayntz "las organizaciones de la vida económica", la administración, la política, etc.

Otra clasificación con un punto interesante de reflexión es la que hacen Blau y Scott (1962) en donde los tipos de organización dependen de a quién beneficie la existencia de ésta.

1. Asociaciones de beneficio mutuo (sindicatos, partidos políticos, sectas, clubes y sociedades profesionales).
2. Firms comerciales que benefician a propietarios y/o clientes (industrias, bancos, almacenes, empresas, compañías de seguros).
3. Empresas de servicios que benefician a sus clientes (hospitales, escuelas, agencias de promoción social).
4. Organizaciones de bienestar común que benefician al público en general (oficinas gubernamentales, policía, bomberos, institutos de investigación científica).

También existe una tipología de las organizaciones con respecto a su estructura, y esta es una organización *formal e informal* (Méndez, 1993:84)

Las organizaciones de tipo *formal* son aquellas que estructuradas están bajo ciertas normas de estricto cumplimiento, con objetivos específicos y sometidos a una autoridad. Su propósito es de carácter práctico. Este tipo de organizaciones son el esquema de división de tareas y poder entre la posición de la organización y las reglas que se espera que guíen la conducta de los participantes, definida por la administración (Etzioni, 1972). En cuanto a las organizaciones *informales*, se pueden definir como los grupos más pequeños cuyas metas y objetivos están menos definidos y su funcionamiento no dependen de un sistema rígido de reglas y procedimientos (Cohen, 1980:189).

La generación de residuos dentro de cualquier organización es una actividad inherente, pero los procesos previos no están descritos por ningún autor. Es posible su estudio partiendo de las generalidades de cualquier agrupación humana y de sus procesos de consumo y desecho.

3.3. MERCADOS Y TIANGUIS

Los mercados y tianguis son un tipo de organización social compleja que puede ser tanto formal como informal. Los mercados y tianguis fueron una institución de singular importancia económica en la historia mundial, haciendo más eficientes las relaciones de comercio, cultura y vida social. En México estos espacios son centros económicos y sociales muy importantes desde la época prehispánica. Una tradición mexicana que por sus orígenes indígenas se encuentra arraigada en la memoria colectiva, y hasta la fecha es un punto de comercio común en la zona centro y sur del país y en Latinoamérica.

3.3.1. Definición de Tianguis

La palabra tianguis viene del náhuatl *tinguixtle* que significa mercado y hace alusión a la vieja tradición de vender en espacios públicos, de forma móvil (Alarcón, 2008). El término tianguis es descrito por Paré (1975) como un mercado local o regional donde se reúnen los productores directos, agricultores o artesanos, y algunos comerciantes especializados a intercambiar sus productos, asegurando el intercambio entre regiones de distintos recursos naturales y diversas especializaciones económicas.

El Reglamento de Mercados y Tianguis dentro del Municipio de Atlixco (1997), define al tianguis como *“aquellos lugares debidamente autorizados y zonificados, para el comercio de mercancías en días determinados, por el Ayuntamiento fuera de la zona de protección de los mercados establecidos”*. La Zona de Protección de Mercados es definida como el perímetro que señale la Autoridad Municipal a cada mercado comprendiendo días y lugares públicos, a efecto de prevenir su normal funcionamiento.

3.3.2. Antecedentes Históricos:

El tipo de comercio local y regional conocido como tianguis en México reconoce una larga tradición, que se remonta a la época prehispánica (Grosso, 1989).

Terminada la conquista española los indígenas seguían celebrando sus antiguos tianguis, siendo amparados y sostenidos por las autoridades coloniales por los beneficios que traía tanto para la república colonial como para la población indígena; y con el tiempo, el tianguis se convirtió en institución económica y en pieza fundamental para la política colonial de abasto. Lo fue tanto que los primeros virreyes trataron de manejarla como medio fundamental para resolver el grave problema de abastecimiento en las ciudades españolas. Por tanto, los tianguis indígenas eran lo primero que se procuraba introducir en las nuevas ciudades (Caso *et al.*, 1981).

Las crónicas de historiadores y conquistadores dan cuenta de las formas de abastecimiento que proveían por vía acuática con legumbres, flores, frutos y otros bienes de consumo de los habitantes de México, a través de la compleja red de canales y caminos en los lagos de Texcoco y Xochimilco, navegando desde Míxquic, Chalco y Tláhuac. Cuando los niveles de agua comenzaron a disminuir, el comercio se hacía por tierra, en los terrenos pantanosos, donde se llevaba a cabo el complejo sistema de mercado, con relaciones de regateo y trueque. Esto se hacía tanto en los mercados instalados y controlados por el Ayuntamiento como con comerciantes ambulantes que recorrían libremente la ciudad, anunciando sus productos con gritos, chillidos y cantos (Alarcón, 2008).

Tres décadas después de la Conquista las mercancías que los indios vendían en sus tianguis era casi la misma que las de la época prehispánica. Pero es a partir de la colonia que se imponen las reglamentaciones a los tianguis que se desplegaban en las ciudades: se tasaron precios y aranceles, se prohibieron los intermediarios y se establecieron alguaciles de tianguis que protegieran las medidas (Caso *et al.*, 1981). Y es desde esa época también que se tienen los primeros conflictos sociales documentados, relacionados con el tianguis.

Uno ejemplo de tianguis milenario mexicano es el tianguis de Tepeaca, instaurado por los mexicas desde el siglo XII. Es uno de los más famosos por la intensidad de los intercambios y por la extensión de su zona de influencia. La importancia de esta zona de comercio –como la mayoría de los grandes tianguis en el país- reside en las transacciones que en él se efectúan. En 1792 se realizaron más de 4,000 transacciones comerciales en Tepeaca (Grosso, 1989), las cuáles se realizaban entre población que venía desde lo que es ahora la costa de Oaxaca hasta la población veracruzana, siendo de esta forma el punto de encuentro entre la costa del Pacífico y el Golfo de México. La historia del tianguis de Atlixco está vinculada a la aparición de

Tepeaca, siendo como una especie de sede alterna de algunos comerciantes más alejados de la zona centro del valle.

3.3.3. Importancia del Tianguis

Este tipo de comercio desde sus orígenes fue causa de conflicto social y político, dada su naturaleza independiente. A partir de este tipo de comercio itinerante y de la necesidad de los gobernantes por controlar, sin dejar de abastecer, es que se formaron las bases actuales de los establecimientos comerciales. Sin embargo, la tradición del tianguis ha perdurado durante la historia, ya que representa una forma de intercambio local y regional, de productos que muchas veces ni siquiera se encuentran considerados por la economía nacional como indispensables en el consumo, o con un precio estandarizado, y se rige por las reglas locales de intercambio, regateo e intercambio. Este tipo de comercio es todavía, en muchos estados del país, el punto más importante de intercambio económico y cultural.

La importancia del tianguis en cuanto a generación de residuos está en función de su impacto dentro de la comunidad, número de locatarios, calles que abarca, productos que vende (materiales de origen) y número de veces a la semana que llega a la ciudad. El hecho de que sea un comercio itinerante puede complicar la planeación en el manejo de los residuos generados.

Si se considera a un tianguis dentro de una estrategia de manejo de residuos, lo más probable es que se identifique con materiales orgánicos, cuyo aprovechamiento puede tener beneficios en la comunidad o con los locatarios y productores agrícolas de la región. Sin embargo, el mal manejo de estos residuos puede provocar contaminación, fauna nociva, enfermedades, malos olores, y problemas de salud pública en general.

3.4. TEORÍA DEL DESPERDICIO

A partir de finales del siglo XX y lo que va del XXI, la problemática de la basura a nivel mundial se ha vuelto uno de los temas más importantes de abordar desde distintas disciplinas. Desde inicios del siglo XIX ya se vislumbraban los posibles efectos que podría acarrear la forma de producción y consumo que devenía el modernismo (Luna, 2003). Sin embargo, lejos de frenar la generación de basura, ésta se ha incrementado a niveles inmanejables.

El problema se comienza desde los conceptos que de desperdicio, residuo y basura, y la carga conceptual que éstos poseen. La gente comenzó a ver ciertos materiales que ya no cumplían una función específica como ajenos a su realidad. Como una cosa que desaparece de su vista y del universo, en cuanto es alejada de sus alrededores. Al comenzar

3.4.1. Concepto de residuo.

Uno de los puntos discutidos a nivel mundial ha sido la conceptualización de basura. Existen culturas completas en donde el concepto de basura no figura como algo conocido, o ni siquiera existe un sinónimo de ello. Esto es debido a la capacidad ancestral de reutilizar todos los sobrantes del consumo (Acurio *et al.*, 1998). Esto puede estar relacionado a que estas culturas consumen un porcentaje mayor al 90 % de productos de origen orgánico, los cuales aprovechan sin necesidad de procesos industriales. A partir de los cambios en los patrones de consumo, producto de la globalización, es necesario remarcar las diferentes conceptualizaciones de los residuos a través del tiempo, con el fin de comprender mejor el problema.

El concepto basura apareció por primera vez en los grupos sedentarios que lograban identificar la acumulación de materia no útil. La palabra basura viene del latín “*versura*” que está documentado en la acción de verter y se interpreta como la acción de barrer (Coromines, 1980). De este concepto se ha derivado desecho, residuo y desperdicio.

Parra (1992) define el término residuo como “lo que queda de un todo después de haber quitado una o más partes. Material que queda inservible después de haber realizado algún trabajo o función”. Por otro lado define la palabra desperdicio, como el derroche o despilfarro de algún material que ya no es utilizado.

El término desecho generalmente se refiere a cualquier material susceptible de incluirse en un sistema de manejo de residuos, es decir, corresponde a una fracción del total de los residuos generados. Residuo sólido se refiere a todo desperdicio material, no peligroso, ni líquido o gaseoso (Gutiérrez, 2006).

En 1994, la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) definió como residuos sólidos municipales (RSM) a “los desperdicios que provienen de casas habitación, sitios de servicios privados y públicos, demoliciones, construcciones, establecimientos comerciales y de servicios, a los cuales, aunados los desperdicios industriales, se les conoce comúnmente como basura”

3.4.2 Los residuos y su clasificación de acuerdo a la ley

En México, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR, 2015) considera que residuo es *“el material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en esta Ley y demás ordenamientos que de ella deriven”*.

En esta misma Ley se define al manejo integral de residuos como: *“Las actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, co-procesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo*

objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social” (LGPGIR, 2015).

Dentro de esta ley se reconoce la importancia de la separación en fracciones orgánica e inorgánica de los residuos, al estipular en el artículo 18 que: *“los residuos sólidos urbanos podrán subclasificarse en orgánicos e inorgánicos con objeto de facilitar su separación primaria y secundaria, de conformidad con los Programas Estatales y Municipales para la Prevención y la Gestión Integral de los Residuos, así como con los ordenamientos legales aplicables”.*

La ley mexicana también reconoce que el manejo de los residuos es de Responsabilidad Compartida, principio mediante el cual se reconoce que los residuos sólidos urbanos y de manejo especial son generados a partir de la realización de actividades que satisfacen necesidades de la sociedad, mediante cadenas de valor tipo producción, proceso, envasado, distribución, consumo de productos, y que, en consecuencia, su manejo integral es una corresponsabilidad social y requiere la participación conjunta, coordinada y diferenciada de productores, distribuidores, consumidores, usuarios de subproductos, y de los tres órdenes de gobierno según corresponda, bajo un esquema de factibilidad de mercado y eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social (LGPGIR, 2015). Este punto es fundamental dentro de cualquier estrategia de manejo integral de residuos, pues establece la base de responsabilidades determinadas por ley y marca una pauta sobre la participación pública en materia de manejo de residuos.

En el Artículo 10 de la LGPGIR se establece que los municipios tienen a su cargo las funciones de manejo integral de residuos sólidos urbanos, que consisten en la recolección, traslado, tratamiento, y su disposición final. Lo que representa una labor compleja para los Municipios, considerando la capacidad de gestión con la que cuentan y las necesidades económicas que esto puede representar. Por ello, es

importante señalar que, dentro de éste mismo artículo, se establece que los Municipios pueden participar y aplicar, en colaboración con la federación y el gobierno estatal, instrumentos económicos que incentiven el desarrollo, adopción y despliegue de tecnología y materiales que favorezca el manejo integral de residuos sólidos urbanos.

Es importante hacer mención de la Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el Estado de Puebla, en la cual se señala que *“en la formulación y conducción de la política en materia de prevención y gestión integral de los residuos se deberá prevenir y minimizar la generación de residuos, en su liberación al ambiente, la transferencia de un medio a otro, y su manejo integral para evitar riesgos a la salud pública y daños a los ecosistemas, así como caracterizar y valorizar los residuos para su aprovechamiento como insumos en las actividades productivas”* (Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el Estado de Puebla, Artículo 3, 2006)

Los residuos se clasifican, según la ley federal vigente, de la siguiente manera:

Residuos sólidos urbanos (RSU), conocidos como “basura”; según la LGPGIR son “los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por esta Ley como residuos de otra índole.” Son responsabilidad de los municipios y del Distrito Federal.

Residuos de Manejo Especial (RME), “son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de

residuos sólidos urbanos” (ver LGPGIR, 2015); pueden ser RSU en grandes cantidades (mayor a 10 ton al año). La autorización de los sistemas de manejo está a cargo de las entidades federativas. A su vez se clasifican en:

- Residuos de las rocas o de los productos de su descomposición
- Residuos de servicios de salud, con excepción de los biológico infecciosos
- Residuos generados por las actividades pesqueras, agrícolas, silvícolas, forestales, avícolas, ganaderas incluyendo los residuos de insumos
- Residuos de los servicios de transporte, generados en puertos, aeropuertos, terminales ferroviarias y portuarias, aduanas
- Lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales
- Residuos de tiendas departamentales o centros comerciales
- Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición
- Residuos tecnológicos provenientes de la industria de la informática, electrónica, vehículos automotores y
- Otros que determine la SEMARNAT.

Residuos Peligrosos (RP), son aquellos que poseen alguna característica de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad o que contengan agentes infecciosos. Son principalmente responsabilidad de la federación.

Estos tres tipos de residuos son contaminantes y requieren de diferentes medidas de gestión para prevenir y evitar los impactos a la salud y al ambiente.

Una vez identificados los tipos de residuos, según la Ley, se podrá proceder a establecer una estrategia de separación de residuos, ubicando qué fracciones se tienen y qué tipo de manejo requiere cada una de ellas. Un punto relevante para esta investigación es la revisión de la Norma Mexicana *NOM-004-SEMARNAT-2002*,

Protección Ambiental.-Lodos y Biosólidos- especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final- que puede servir para evaluar la composta que establece los contenidos de patógenos y metales pesados y los clasifica con base en su concentración.

A nivel internacional, existen múltiples normas y estándares para la composta proveniente de RSU. Entre ellos se encuentra el Real Decreto 824/2005 de España, en el que se indican los métodos de análisis para determinar la calidad del producto. Dentro de estos se encuentra el bioensayo de ecotoxicidad con semillas de lechuga *Lactuca sativa* establecido por la Organización para la Economía, Cooperación y Desarrollo (OECD).

Otro organismo internacional es el Consejo de Compostaje de los Estados Unidos (The US Composting Council), el cual establecen métodos de prueba como los Métodos de Prueba para la Examinación de Compostaje y Composta (TMECC) en los que, al igual que el Real Decreto 824/2005, se recomiendan bioensayos de ecotoxicidad con semillas, para la verificar madurez y contenido metales peligrosos. En el Reino Unido existe un organismo encargado de evaluar la calidad de la composta generada a partir de RSU, llamado APEX en donde se pueden encontrar protocolos para demostrar que la composta proveniente de RSU puede ser vendida dentro de un mercado sustentable cumpliendo la característica y normas que se indican en su estándar.

3.5. GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (GIRSU):

La GIRSU comprende todas las acciones entorno a los residuos, como son: expedición de reglamentos de limpia, estímulos para la reducción de la basura, promoción de centros de acopio, gestión de recursos y apoyos, capacitación, el manejo integral, así como el impacto al medio ambiente natural y social (Gutiérrez, 2006). El manejo integral de residuos es la parte técnica de la gestión integral e incluye todos los

aspectos relacionados con los RSU, es decir, la generación, almacenamiento, barrido, recolección, traslado, tratamiento, aprovechamiento de materiales y disposición final (SEMARNAT, 2006). Dada la cantidad de variables que afectan e interfieren en la producción y manejo de RSU, la GIRSU representa una de las formas más completas de abordar el problema y por ello se retoma en este apartado.

Cualquier actividad humana genera residuos, y desde hace más de dos décadas el tipo de residuos ha cambiado junto con las tecnologías y los tipos de materiales utilizados. El tema específico de la separación de residuos y la utilización de las fracciones para distintas metas ha sido estudiado ampliamente. Existen algunas variantes en la visión de las etapas jerárquicas que debe abarcar la GIRSU. Sin embargo, los puntos básicos en este tema comprende al menos las siguientes: *reducción en el origen; aprovechamiento y valorización; tratamiento y transformación; y disposición final controlada*, puntos que se describen a continuación:

Reducción en el origen: La reducción en el origen está en el primer lugar en la jerarquía porque es la forma más eficaz de reducir la cantidad y toxicidad de residuos, el costo asociado a su manipulación y los impactos ambientales.

Aprovechamiento y valorización: El aprovechamiento implica la separación y recogida de materiales residuales en el lugar de su origen; la preparación de estos materiales para la reutilización, el reprocesamiento, la transformación en nuevos productos, y la recuperación de productos de conversión (por ejemplo, compost) y energía en forma de calor y biogás combustible. El aprovechamiento es un factor importante para ayudar a conservar y reducir la demanda de recursos naturales, disminuir el consumo de energía, preservar los sitios de disposición final y reducir la contaminación ambiental. Además, el aprovechamiento tiene un potencial económico, ya que los materiales recuperados son materias primas que pueden ser comercializadas. En consecuencia la primera acción sobre los residuos generados es valorarlos y aprovecharlos.

Tratamiento y transformación: La transformación de residuos implica la alteración física, química o biológica de los residuos. Típicamente, las transformaciones físicas, químicas y biológicas que pueden ser aplicadas a los residuos sólidos urbanos son utilizadas para mejorar la eficacia de las operaciones y sistemas de gestión de residuos.

Para los residuos que no puedan ser aprovechados, se utilizarán sistemas de tratamiento para disminuir su peligrosidad y/o cantidad.

La disposición final controlada: Por último, hay que hacer algo con los residuos que no tienen ningún uso adicional, la materia residual que queda después de la separación de residuos sólidos en las actividades de recuperación de materiales y la materia residual restante después de la recuperación de productos de conversión o energía; para lo cual se debe garantizar una disposición final controlada, además se debe poseer una capacidad adecuada en los sitios de disposición final y planes para la clausura.

Para llevar a cabo estas etapas con éxito, se sugiere la Planeación Estratégica (PE) que consiste en seleccionar objetivos y acciones técnica y económicamente factibles que garanticen beneficios a la sociedad y al ambiente natural, así como los recursos necesarios para la implementación del programa (SEMARNAT, GIRE SOL, GIZ, 2006). Es una metodología robusta que ayuda de forma profesional a hacer más eficiente y efectiva la gestión integral de los RSU de cualquier municipio al elaborar planes y programas de mediano y largo plazo.

En la presente investigación también se considera la reincorporación del residuo en la cadena productiva, y es por esto que se trata como un tema relevante el procesamiento de la fracción orgánica de los residuos y sus posibles formas de procesamiento para la producción de un abono útil en la producción agrícola.

3.5.1. Manejo de la fracción orgánica a través del compostaje:

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR,2015) establece, entre otras cosas, la separación en fracciones orgánica e inorgánica. Su propósito es reducir el volumen de disposición final, disminuir riesgos a la salud e infraestructura y mejorar la imagen urbana

El aprovechamiento de la fracción orgánica es una de las partes de la GIRSU, e implica una forma de reciclaje que permite desintegrar el material por medio de procesos metabólicos de microorganismos, y cuyo producto final puede ser utilizado como remediador de suelos agrícolas (en el caso del compostaje aerobio) o como un combustible o energía (en el caso de biodigestión anaerobia y aprovechamiento de biomasa).

Las transformaciones biológicas de la fracción orgánica de los RSU se utilizan para disminuir el volumen y el peso del material, para producir abonos orgánicos, agua, calor y metano. Los principales organismos implicados en las transformaciones biológicas de los compuestos orgánicos son bacterias, hongos, levaduras y actinomicetos (Trejo, 1996). Estos pueden realizar procesos aerobios o anaerobios, según la disponibilidad de oxígeno. La diferencia más notable entre las reacciones de conversión de forma aerobia o anaerobia está en la naturaleza de los productos finales. Al realizar un proceso anaerobio se obtiene gas metano y dióxido de carbono, y queda materia orgánica inestable químicamente. Cuando el proceso es realizado en presencia de oxígeno los productos finales son materia orgánica estable, agua y calor. A este proceso se le conoce como compostaje.

Los procesos biológicos que más se han utilizado para la conversión de la fracción orgánica de los RSU son el compostaje aerobio y la digestión anaerobia dentro de un biodigestor o reactor (Tchobanoglous *et al.*, 1994; Rynk y Richard, 2004). La técnica

de compostaje parece tener sus raíces en el proceso dirigido por Sir Alfred Howard, en la India, en 1925. En él se procesaban residuos orgánicos como paja y hojas en capas alternadas con estiércol y fango cloacal. Este proceso se conocía como “Indore”.

En Holanda, en 1932, se construyó la mayor planta en su tiempo, para el tratamiento biológico de la basura de los municipios. Se utilizó el proceso Mannen, modificación del “Indore”, donde los residuos se trataban en grandes montones alargados (Trejo, 1996).

A principios de la década de los 60 había en Europa 37 plantas de compostaje, dicho número aumentó considerablemente y a principios de los 70 se llegó a 230 plantas, destacando el estado Francés y el estado Español, instalándose en este último, plantas de compost en el Levante y Andalucía. A partir de mediados de los setenta la evolución del proceso de compostaje se estancó y se cerraron numerosas plantas. Una de las causas de este estancamiento fue la deficiente calidad del compost producido ya que no se hacía separación previa en origen de los residuos sólidos orgánicos y había poco interés de los agricultores en utilizar el abono producido. No fue sino hasta los últimos 20 años que se ha retomado con gran conciencia en este tipo de procesos para poner un alto a la contaminación generada por el hombre (Piña, 2009).

La definición de compostaje varía poco de un autor a otro. La mayoría de las variantes están relacionadas a los métodos técnicos para controlar el proceso. Trejo (1994) define al compostaje como *“la degradación bioquímica de la materia orgánica fermentable, para convertirla en un compuesto bioquímicamente inactivo llamado compost. Se puede decir que el compost es un material que se obtiene por la acción microbiana controlada, donde se utilizan los desechos orgánicos como materia prima. Se hace que los desechos alcancen un grado de digestión tal, que al ser aplicados al*

suelo no provoquen una competencia, entre sus microorganismos y las plantas superiores, por los nutrientes que ambos necesitan”.

Por otro lado, Tammemagi (1999) lo define como *“una parte especializada del reciclaje, en la cual el desperdicio orgánico es descompuesto biológicamente bajo condiciones controladas, con el fin de transformarlas en un producto factible de ser aplicado al suelo para su beneficio y sin un impacto ambiental adverso Al aplicar composta al suelo es posible modificar la textura, capacidad de retención hídrica y eliminar metales pesados dañinos.”*

Ambas definiciones coinciden, y respaldan las ventajas de la adición del compost al suelo. Algunos usos que se le dan al producto del compostaje son, por ejemplo, reducción de la erosión del suelo, aumento en la retención de agua, auxiliar en el crecimiento de plantas en áreas que han perdido fertilidad, así como en la remoción de contaminantes, como hidrocarburos y plaguicidas; también puede usarse como medio para oxidar el metano que se produce en algunos sitios de disposición final de residuos municipales, como son los tiraderos a cielo abierto y en rellenos sanitarios (Sauri *et al.*, 2002), como material de cobertura.

Para la obtención de un abono de calidad deseable es necesario poner especial atención a ciertas características y componentes durante todo el proceso de compostaje, independientemente de las técnicas a utilizar. Las variables del proceso que requieren de constante monitoreo son:

Temperatura: El procesos tiene variaciones de temperatura muy importantes, que determinan la aparición de ciertos organismos claves en la descomposición. La temperatura máxima que se debe alcanzar es de 60-70° (Waksman *et al.*, 1939; Hoitink y Keener, 1993; Riddech *et al.*, 2002) ya que de esta forma los procesos microbianos no se ven interferidos por otros organismos dañinos, como podría pasar con

temperaturas más bajas y tampoco se inhibe el proceso como sucedería con temperaturas mayores.

Humedad relativa: un contenido de humedad óptimo en la mezcla es importante para la descomposición de la materia. El agua es indispensable para la solubilización de los nutrientes y para el sano mantenimiento de las células de los microorganismos. Debe mantenerse en un porcentaje promedio no menor a los 40%. Al inicio del proceso, cuando los procesos de bacterias y hongos se llevan a cabo, es necesario mantener la humedad en un porcentaje alrededor de 50-70%. Al final del proceso estos valores disminuyen, pero un porcentaje menor al 20% puede impedir el proceso microbiano (Hoitink y Keener, 1993; Polprasert, 1996; Insam, *et al.* 2002; Scott, 2005). El exceso tampoco es bueno, ya que un contenido excesivo de agua puede bloquear el paso del aire, transformando el proceso en anaerobio, o puede diluir demasiado los nutrientes.

Oxigenación o aireación: Para que la composta funcione debe de haber suficiente oxígeno para los organismos que en ella viven y para dar paso a las reacciones necesarias. La oxigenación a lo largo del proceso, sobre todo durante las primeras etapas es uno de los factores determinantes de la calidad y sanidad del producto. Es importante evitar que el proceso original se convierta en anaerobio, cuyas condiciones de descomposición y resultados son muy distintos. Una buena oxigenación evita los malos olores y los procesos de putrefacción. Existen varios métodos para agregar oxígeno a la muestra. Puede suministrarse por agitación mecánica, o inyección. El diámetro de partícula del material debe ser tal que a la vez facilite la aireación y mantenga una porosidad adecuada (Sadzawka, *et al.* 2005; Polprasert, 1996; Insam, *et al.* 2002; Scott, 2005).

Relación Carbono/Nitrógeno (C:N): Este es el parámetro más importante sobre los nutrientes del compost. Se calcula que en condiciones normales esta relación debe de estar en 50% C y 5% N, es decir una relación C/N=10, pero depende del material

utilizado y de su grado de descomposición (Hoitink y Keener, 1993; Scott, 2005). Para una composta de alrededor de 12 días, la relación C/N se calcula entre 30 como el valor óptimo. Mientras más alto sea este valor, mayor deberá ser el tiempo de compostaje, por la falta de nitrógeno. Cuando los valores sean mucho mayores o menores al óptimo es recomendable compensarlo agregando materia de poda como trozos de madera, pasto y hojas, ya que esto acercará más el valor a lo ideal. Una buena relación C:N es importante para el desarrollo de los microorganismos, que acelere el proceso de descomposición y mejore la calidad del producto final (Rynk, 1992).

pH: Generalmente, el proceso de descomposición ocurre dentro de un pH neutro, ligeramente ácido (entre 6 y 7) (Scott, 2005).

En el cuadro 1 se muestra un resumen de las condiciones ideales del compost obtenido a través del proceso adecuadamente monitoreado de compostaje

Cuadro 1. Condiciones ideales de compostaje.

Condición	Ámbito aceptable	Condición óptima
Relación C:N	20:1 – 40:1	25:1 – 30:1
Humedad (%)	40 – 65	50 –60
Oxígeno (%)	+ 5	» 8
pH	5.5 – 9.0	6.5 – 8.0

Temperatura (°C)	55 – 75	65 – 70
Tamaño de partícula (mm)	0.5 – 1.0	variable

Fuente: Rynk (1992).

Existen tres tipos generales de tecnologías para el procesamiento de los residuos orgánicos a través del compostaje: hileras, montones estáticos aireados y compostaje en reactores o cámaras cerradas. Los tres varían en cuanto a tecnificación e infraestructura requerida, y a su vez esto determina factores como cantidad de mano de obra, inversión inicial, espacio requerido y capacidad o volumen de residuos que pueden ser procesados (Criner *et al.*, 2001). Generalmente, en un esquema municipal de compostaje, el sistema más utilizado es el de hileras, ya que es el que menor cantidad de infraestructura requiere, y menor nivel de mecanización, lo que reduce mucho los costos de operación.

3.5.1.1. Relación entre el Compost y el suelo:

El suelo es el medio natural que proporciona a las plantas el sostén físico, el agua y los elementos nutricionales para su desarrollo. El recurso natural *suelo* es considerado por algunos autores como un sistema en sí mismo, vivo y dinámico, cuyas funciones primordiales son las de mantener la productividad de las especies vegetales que en él se establecen, la biodiversidad, la calidad del aire y del agua, la salud humana y el hábitat (Sojka y Upchurch, 1999; Álvarez *et al.*, 2000).

El suelo se define como el material no consolidado sobre la superficie de la tierra, mineral u orgánico, que ha sido sometido e influenciado por factores propios y ambientales: material parental, clima (incluyendo efectos sobre el agua y la temperatura), macro y microorganismos y topografía, actuando entre sí a través del tiempo y generando un producto que difiere del material del cual se derivó en propiedades físicas, químicas, biológicas y morfológicas (SSSA, 2011).

El nitrógeno (N) es considerado el nutriente más importante para la producción vegetal por las cantidades requeridas por los cultivos y por la frecuencia con que se observan deficiencias en suelos agrícolas, es así que la agricultura de altos rendimientos depende del uso de fertilizantes nitrogenados. Las condiciones económicas del sector agropecuario tanto a nivel mundial como nacional y la necesidad de preservar el ambiente, requieren del uso más eficiente de los nutrientes (Boswell, 1985). Para maximizar la eficiencia de uso de N es necesario conocer las dinámicas del nutriente en el sistema suelo-planta-atmósfera y como el manejo de suelos y cultivos afecta esta dinámica.

De forma general, para mantener un cultivo exitoso, existen al menos 3 características indispensables que tiene que mantener la extensión de suelo a cultivar: calidad en las características físicas y químicas, retención de humedad adecuada y un drenaje que permita la rápida distribución del excedente de agua, que favorezca una alta tasa de difusión de oxígeno y nutrientes (Cásseres, 1980). Está bien documentado que, a pesar de haber una gran cantidad de hortalizas con capacidad de adaptarse a muchos tipos de suelo, desde los arenosos hasta los arcillosos, es mucho más exitoso el crecimiento hortícola en suelos con contenido alto de materia orgánica (Gilmour y Skinner, 1999; Chaney *et al.*, 1996; Sterrett *et al.*, 1983).

Las características tanto físicas como químicas de los suelos son las que marcan la pauta en el crecimiento vegetal. La disponibilidad de nutrientes en los sustratos, así

como la cantidad de agua y oxígeno disponibles para el crecimiento de las plantas son los factores determinantes para evaluar su calidad y uso (Alcántar y Trejo-Téllez, 2009). En algunos sustratos los nutrientes se encuentran en cantidades insuficientes o en formas no disponibles para los vegetales, por lo que es necesario agregar suplementos nutricionales a los cultivos. Otro tipo de suelos presentan una disponibilidad de nutrientes adecuada, y estos son los sustratos más utilizados por la agricultura, aunque el costo de usarlo pueda llegar a ser más alto de lo esperado.

Los suelos se podrían clasificar de forma muy sencilla, y para fines agrícolas, como suelos minerales y suelos orgánicos, dependiendo de los nutrientes y cualidades que tienen. La mayoría de los suelos son de origen mineral,

Los beneficios de la utilización del compost en la agricultura son claros. La influencia del compost en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, ayuda a conseguir mejores rendimientos en los cultivos y una mejor calidad en los productos (He *et al.*, 2004). Si el proceso de compostaje fue completado correctamente, el compost tiene grandes cantidades de C y N en proporciones adecuadas; además de P, Ca, K, y ácidos húmicos, que proporcionan a las plantas hormonas esenciales para su crecimiento (Pasqueloto *et al.*, 2002). Sin embargo, emplear este compost sin un adecuado grado de madurez, puede provocar efectos negativos en las plantas, debido a la presencia de metabolitos intermediarios fitotóxicos (Zucconi *et al.*, 1985), especialmente, cuando se utiliza como componente base de sustratos especializados en viveros. Los efectos fitotóxicos de un material orgánico inmaduro se deben a diversos factores, entre los cuales destacan los contenidos de amonio, de ácidos volátiles orgánicos, de metales pesados y de sales.

Estas sustancias, en elevadas concentraciones, pueden generar efectos perjudiciales en el desarrollo de las plantas, inhibiendo la germinación de semillas o el crecimiento de raíces por lo que es altamente riesgosa su utilización en cultivos. La determinación

de estas sustancias tóxicas en forma independiente encarece los análisis. Esto ha incentivado el uso de los bioensayos con semillas sensibles a fitotóxicos (Emino y Warman, 2004; Warman, 1999), para evaluar los efectos sinérgicos de estas sustancias sobre la germinación y el crecimiento de las plantas.

Además de las ventajas nutricionales que se mencionaron, el compost tiene muchos beneficios demostrados para el combate de enfermedades en cultivos. Los ejemplos de las enfermedades suprimidas por el uso de compost fueron revisados por Hoitink y Fahy (1986) y posteriormente respaldados por varios autores (Hardy y Sivasithamparam, 1991; Hoitink *et al.*, 1991; Onley y Benson, 1991; Schüller *et al.*, 1993). El compost debe ser de muy buena calidad para ser utilizado con éxito en el control biológico de los cultivos hortícolas (Hoitink *et al.* 2001).

Actualmente en el país existen pocas investigaciones que comparen los sustratos utilizados comúnmente por los agricultores, con una composta generada a partir de desechos municipales. Y no existe ninguna investigación que haga dicha comparación con una composta generada a partir de desechos de tianguis, que siendo un punto de comercialización de materiales agrícolas de los más importantes en el país, y con una fuerte producción de residuos orgánicos, se vuelve pertinente y necesario saber si es posible su uso para fines agrícolas.

Los suelos presentes en los municipios aledaños a los Parques Nacionales Iztaccíhuatl- Popocatépetl-Zoquiapan, cercanos al valle de Atlixco, y utilizados en su mayoría para la agricultura local, se clasifican en seis grandes grupos (Hernández y Granados, 2006): leptosoles, regosoles, andisoles o andosoles, cambisoles, phaeozems y fluvisoles. Ricos en material volcánico (cenizas) y nutrientes arrastrados por las corrientes de agua bajante, estos suelos tienen una cantidad muy alta de materia orgánica, lo que los hace atractivo para la producción agrícola.

Los suelos utilizados mayoritariamente para actividades agrícolas provenientes de las zonas aledañas al volcán, son suelos que se encuentran bajo varias condiciones climáticas, desde regiones semiáridas, hasta templadas muy lluviosas, así como en diversos tipos de terrenos desde planos hasta montañosos. Pueden presentar casi cualquier tipo de vegetación en condiciones naturales. Su característica principal es una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes, semejante a las capas superficiales de los Chernozems y Castañozems, pero sin presentar las capas ricas en cal con que cuentan estos dos suelos (SEMARNAT 2006). Los usos que se les dan son variados, en función del clima, relieve, y algunas condiciones del suelo que dependen de las subunidades. Muchos Feozems profundos y situados en terrenos planos se utilizan en agricultura de riego o temporal, de granos, legumbres u hortalizas, con altos rendimientos. Otros menos profundos, o aquellos que se presentan en laderas y pendientes, tienen rendimientos más bajos y se erosionan con mucha facilidad. Sin embargo, pueden utilizarse para el pastoreo o la ganadería con resultados aceptables. Como se ve, el uso óptimo para estos suelos depende mucho del tipo de terreno y las posibilidades de obtener agua en cada caso. Su susceptibilidad a la erosión varía también en función de estas condiciones (SEMARNAT, 2006). Por estas características nutricionales, los agricultores de la zona suelen extraer los suelos para utilizarlos en los cultivos y obtener mayor producción. Esta situación podría detenerse con un complemento nutricional para los cultivos, como lo sería un compost de calidad adecuada. También es posible utilizar el compost con fines forestales o en zonas de conservación ecológica como remediador de suelos.

3.6. EDUCACIÓN Y CULTURA AMBIENTAL

La educación y la cultura ambiental juegan un papel fundamental en la construcción de soluciones duraderas a los problemas urgentes a resolver en todo el mundo. Para las Naciones Unidas (Cumbre Mundial para el Desarrollo Sostenible, Johannesburgo,

2002) las respuestas educativas a la crisis ambiental actual deben adentrarnos en una nueva fase, en la cual la adopción de políticas, de programas y de prácticas pedagógicas permitan a todos los miembros de la sociedad trabajar en la construcción de un futuro duradero. Para lograr esto es necesario cambiar nuestras formas de percibir y de representar las relaciones que mantenemos con nuestro entorno, de los modos de interactuar con él, y, en consecuencia, de vivir (Mckeown, 2002).

Para abordar el manejo de los residuos sólidos municipales no es suficiente conocer los aspectos técnicos de la recolección, limpieza de calles y disposición final. Se requiere también incluir los conceptos relacionados a los factores vinculados como salud, ambiente, pobreza en áreas marginales urbanas y de educación y participación comunitaria, así como de cultura ambiental (Acurio *et al.*, 1998). Es indudable que existe una correlación entre la educación de la población y la limpieza. En general, mientras mayor sea el nivel de educación de la población, mayor será la conciencia ecológica y ambiental y más arraigados sus hábitos de higiene personal y limpieza de sus viviendas y áreas públicas. También estará más capacitada para exigir mejores servicios públicos, incluido el de la basura. Además de mantener un mayor nivel de interiorización del problema, es decir, una mayor capacidad de identificar la acción directa del individuo en el entorno y aceptar la responsabilidad de sus consecuencias. Sin embargo, el factor cultural también influye fuertemente.

La Ley General de Educación (LGE) estipula que se deberá “inculcar los conceptos y principios fundamentales de la ciencia ambiental, el desarrollo sustentable, la prevención del cambio climático, así como de la valoración de la protección y conservación del medio ambiente como elementos esenciales para el desenvolvimiento armónico e integral del individuo y la sociedad. También se proporcionarán los elementos básicos de protección civil, mitigación y adaptación ante

los efectos que representa el cambio climático y otros fenómenos naturales” (LGE, 2012)

Por su parte, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente (LGEEPA) define a la Educación Ambiental como “un proceso de formación dirigido a toda la sociedad, tanto en el ámbito escolar como en el ámbito extraescolar, para facilitar la percepción integrada del ambiente a fin de lograr conductas más racionales a favor del desarrollo social y del ambiente. La educación ambiental comprende la asimilación de conocimientos, la formación de valores, el desarrollo de competencias y conductas con el propósito de garantizar la preservación de la vida” (LGEEPA, 2012). Esta misma ley plantea que la educación debe ser un medio para valorar la vida a través de la prevención del deterioro ambiental, preservación, restauración y el aprovechamiento sostenible de los ecosistemas y con ello evitar los desequilibrios ecológicos y daños ambientales. Sin embargo, pocas instituciones educativas cuentan con un plan elaborado de educación ambiental.

Existen desde hace más de una década, planes de manejo de residuos en diferentes partes del mundo que consideran como prioritaria la inclusión de una estrategia educativa para mejorar el manejo de residuos. Por ejemplo, el Plan de la Comarca de Pamplona (1996) introduce en la gestión de los residuos sólidos urbanos, por vez primera en España, unos criterios de prevención y aprovechamiento basados en la integración de los sistemas tradicionales de recuperación, reutilización y reciclaje locales, procurando mejorar los aspectos técnicos y sociales, dentro de una estrategia más amplia y a largo plazo en la que se contempla la participación de la población — adulta e infantil a través de la educación— en la separación y recogida selectiva de los residuos y la elaboración y posterior aplicación en la agricultura de un compost de alta calidad (Del Val, 2004). El éxito de este primer programa no se le atribuye tanto a los logros del mismo, sino a la demostración de la viabilidad de una nueva forma de

gestionar los residuos dentro de una estrategia amplia y avanzada de recogida selectiva basada en la educación y participación ciudadana. Esto da cuenta de la importancia de incluir dentro de una estrategia de manejo de residuos, un plan estructurado educativo.

Závodská y Knight (2002) desarrollaron una lista de 10 puntos para el manejo de residuos sólidos municipales, elaborada específicamente para países en desarrollo. En este destacan los factores sociales y educativos como los más importantes para el éxito de éste proceso.

4. METODOLOGÍA

4.1. TIPO DE ESTUDIO

Este es un estudio de tipo transversal, explicativo, que tiene elementos cuantitativo y cualitativo, mediante registros narrativos como la observación participante y entrevistas semi-estructurada. Se utilizó el método inductivo-deductivo y es considerada como una investigación holística.

Fueron analizados factores sociopolíticos, económicos y técnico-biológicos para lograr un mayor acercamiento a los elementos necesarios de una estrategia para manejo de residuos local. Para esto se utilizó la metodología descrita por Rodríguez *et al.* (1996) donde se plantean las formas de investigación dirigidas al conocimiento de una actividad concreta dentro de un grupo social y consta de dos etapas principales:

- La fase heurístico o de descubrimiento, a través de observación, descripción, reflexión y generalización inductiva, con miras a generar hipótesis que podrían ser verdaderas como solución al problema, respuesta a la cuestión o explicación del fenómeno;
- y la fase de justificación-confirmación, que es el proceso de comprobación del fundamento de una hipótesis por medio de un procedimiento susceptible de ser reproducido (Martínez, 2006).

4.2. MODELO METODOLÓGICO

Para este estudio se utilizaron varias herramientas metodológicas, con el fin de lograr un acercamiento más completo a la situación de los residuos. Inicialmente se realizó un diagnóstico de la situación local en cuanto al estatus de los residuos, para lo cual

se delimitó la zona de estudio. Después se hizo un estudio sobre los factores sociales que afectaban al manejo de residuos, específicamente en cuanto a la actitud y a la conducta de los locatarios del tianguis, usando encuestas elaboradas en base a la escala Likert (Ajzen y Fishbein, 2005; Barr y Gilg, 2005).

La observación participativa fue una de las herramientas más utilizadas a lo largo del proceso, ya que se hicieron múltiples visitas a la zona, entrevistas directas con actores relevantes y documentación fotográfica de la situación (incluidas en el capítulo V).

Se identificaron 3 fases en la investigación (figura 5): 1) La situación de los residuos en el tianguis, 2) el tratamiento de estos residuos en el relleno sanitario y 3) el uso del producto final.

Cada fase consta de varias acciones. A continuación se describen los procesos metodológicos utilizados durante las 3 fases y sus diferentes etapas.

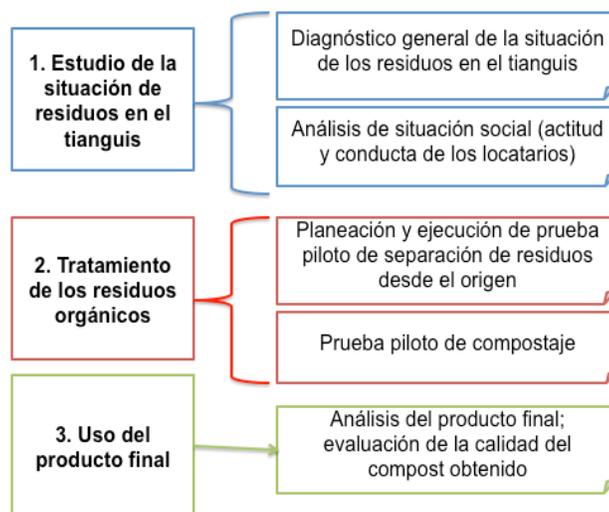


Figura 5. Modelo de investigación

4.2.1. Diagnóstico general de la situación de los residuos en el tianguis.

En esta primera fase se buscó un primer acercamiento identificando actores clave que tuvieran relación en la toma de decisiones en cuanto a la organización y al manejo de residuos del tianguis y de la ciudad.

Método y herramientas:

Para el diagnóstico de los residuos se recurrió a la observación participativa y a la entrevista con informantes clave, tal y como se describe en el texto de Rodríguez *et al.* (1996). A los actores identificados se les hicieron preguntas específicas sobre el tianguis, su origen y su organización, así como las implicaciones de los residuos dentro del tianguis. También se buscó contactar a locatarios con mayor tiempo de pertenencia al tianguis para que narraran la situación del lugar en cuanto a historia, organización y en materia de residuos.

Adicionalmente se hizo un trabajo documental fotográfico sobre los procesos de manejo y recolección de los residuos del tianguis, con ayuda de las autoridades municipales.

Se tuvieron múltiples reuniones tanto con las autoridades de Servicios Públicos Municipales como con el Departamento de Limpia Municipal. De forma simultánea se estableció el contacto con las autoridades responsables del relleno sanitario intermunicipal, para identificar las condiciones en las que se podría llevar a cabo un proyecto piloto de compostaje.

4.2.2. Análisis de la situación social de actitud y conducta de los locatarios

El estudio fue de tipo explicativo y buscó relacionar algunas variables que interfieren en la coherencia entre la conducta de los locatarios y su actitud, así como el locus de control ante el manejo de residuos dentro del tianguis.

Método y herramienta:

Se utilizó el método de la observación participante y el de la encuesta a través del cuestionario (Alvira, 2004) el cual se dividió en 3 secciones: información de tipo sociodemográfica, actitud-conducta y locus de control.

La diferencia entre la actitud y la conducta se midió partiendo del concepto de actitud como “idea formada a partir de un objeto, persona o situación” y el concepto de comportamiento como las “acciones que se llevan a cabo al respecto del mismo tema” (Abercrombie *et al.*, 2006; Hewstone *et al.*, 1996; Rosenberg y Hovland, 1960). La actitud se conceptualiza como las formas de pensar, de sentir o de comportarse hacia una idea, objeto o persona, que están determinadas a partir de la evaluación de acciones previas y sus consecuencias en la vida del individuo. El comportamiento está definido como el conjunto de acciones públicas, observables y abiertas que se llevan a cabo en función de una idea o acontecimiento, que se practica en la cotidianidad de un individuo (Sekiguchi y Nakamaru, 2011; Abercrombie *et al.*, 2006).

El locus de control se utiliza como un factor predictivo de otras variables actitudinales, afectivas y de comportamiento. Las creencias de control son las que configuran la base del comportamiento, la representación subjetiva de las habilidades individuales para controlar o modificar cosas fundamentales en la vida (Oros, 2005). El locus de control se refiere a la localización de este dominio individual, es decir, se ubica una responsabilidad al interior del individuo o al exterior del mismo. En este caso, el concepto se utilizó enfocado a la responsabilidad del manejo de los residuos del tianguis.

En los resultados se identificó la problemática general, se hizo un diagnóstico sobre el tema de residuos en la zona y se abarcó parte de la problemática social del manejo de RSU dentro del tianguis, analizando específicamente la actitud, la conducta y el locus de control de los locatarios hacia este tema.

Se identificaron tres conceptos principales para la toma de decisiones sobre el manejo de residuos, retomando investigaciones previas que destacan su importancia (Ajzen, y Fishbein 2005; Al-Khatib *et al.*, 2009; Barr y Gilg, 2005; Sekiguchi, 2011), y considerando los objetivos de esta investigación¹:

1. Percepción y acciones de los locatarios hacia la basura del tianguis.
2. Conocimiento y cumplimiento de normas locales de manejo de residuos.
3. Separación de basura.

Existe literatura que señala la influencia de los factores sociodemográficos en la conducta de protección al ambiente y hábitos de salud. Por ejemplo Scott y Willits (1994) y Dunlap (2000) señalan la influencia de la edad, nivel socioeconómico vinculado directamente al nivel de educación, y del género, sobre las conductas de manejo ambiental. Por lo tanto, se incluyeron preguntas sociodemográficas, para poder relacionarlos con lo obtenido en actitud y conducta. Estas preguntas fueron las siguientes: edad, género, nivel de escolaridad, comunidad de procedencia, si eran hablantes de lengua indígena, si eran o no productores de los materiales que vendían y desde hace cuánto tiempo pertenecían al grupo de locatarios del tianguis. Para el análisis de nivel de escolaridad con actitud y conducta se establecieron 2 categorías de educación: la Educación Básica (EB) que abarca de grado escolar nulo a sexto grado de primaria y la Educación Superior (ES) que abarca de un año cursado de Secundaria, hasta Licenciatura, que fue el nivel máximo encontrada en la población de estudio.

¹ Estos conceptos se midieron tanto en actitud como en conducta.

Con el fin de obtener un vínculo más estrecho entre las actitudes organizacionales, e individuales y la conducta, el cuestionario se subdividió en preguntas relacionadas con el manejo de residuos del tianguis a nivel organización y a nivel individual. En la sección de locus de control se elaboraron cuestionamientos para ubicar si la responsabilidad del manejo de residuos en los locatarios estaba al interior o al exterior de los individuos entrevistados. La mayoría de las preguntas fueron con escala afirmativo/negativo.

En la sección de actitud se incluyeron preguntas que evidenciaran el nivel de pertenencia que sienten los locatarios del tianguis como organización, con la intención de valorar si se debe trabajar el manejo de residuos como grupo o de forma individual.

Adicionalmente, a los que contestaron afirmativamente que separaban sus desechos se les preguntó si aprovechaban alguna fracción separada, y de qué forma lo hacían.

Además de estos enunciados, también se les preguntó dónde depositaban la basura y en qué la tiraban; esto como parte del diagnóstico general del manejo residuos.

Análisis de datos

Para el análisis de la información se realizaron estudios de correlación de variables a través de tablas de contingencia con pruebas de Chi Cuadrada y con la prueba exacta de Fisher. Para algunas variables se utilizaron pruebas de Correlación Binaria de tipo Spearman. Los análisis estadísticos se realizaron en el programa PASW versión 18.

El tamaño de muestra fue de 94 individuos, considerando que el total de locatarios del lugar del estudio es de 5,000, de acuerdo con el padrón que la administración de tianguis y mercado municipal tiene, se consideró una precisión del 10% y una confiabilidad del 95%, tomando la varianza máxima.

4.2.3. Planeación y prueba piloto de recolección y compostaje

Una vez analizada la situación en materia de residuos del tianguis, se realizó una prueba piloto de separación de residuos y compostaje de la fracción orgánica. Todo el proceso se realizó con el apoyo de las autoridades municipales correspondientes.

Métodos y herramientas:

En la prueba piloto de separación de residuos, se comenzó por la planeación de rutas específica de recolección diferenciada, acompañado del proceso de sensibilización social, para la cual se realizaron 3 talleres informativos con los locatarios que se ubicaban dentro de la zona de recolección diferenciada, en donde se les informó sobre la problemática y consecuencias sociales, económicas y de salud que conlleva el manejo deficiente de los RSU y los beneficios del tratamiento de la fracción orgánica. Se les explicó la diferencia entre materiales orgánicos e inorgánicos y también se les explicó el proyecto a detalle y cuál era la expectativa en cuanto a su participación. Dado que el tiempo disponible para la realización del proyecto limitado, la parte de sensibilización social fue breve y lo más concisa posible, aunque desde el diseño del modelo de la investigación se identificó como uno de los puntos fundamentales para el éxito del proyecto.

Adicionalmente se hizo una campaña informativa oral de 2 semanas al interior del tianguis, con material visual (mantas) y acercamiento individual. En este proceso se tuvo el apoyo y participación de las autoridades locales, del área del Depto. de Limpia y de la Administración de Mercados y Tianguis de Atlixco.

Para la fase de recolección se trazaron 2 rutas con camiones destinados exclusivamente a la recolección del material orgánico, con horarios y personal definido. El personal de limpia auxilió en vigilar que la materia llegara bien separada, para evitar

contaminantes en el proceso de compostaje. Este proceso fue planeado para ser ejecutado al menos 10 meses.

La investigación se realizó dentro del área del tianguis de la ciudad de Atlixco, que se marca en la figura 6 con un polígono. El programa piloto de recolección diferenciado se realizó específicamente en la zona de mayor venta de materiales orgánicos posibles de composteo que abarcó 8 de las 24 calles del tianguis, marcado en la figura con líneas rojas.



Figura 6. Polígono que marca la extensión del tianguis de la Ciudad de Atlixco. Se especifican las calles en las que se llevó a cabo la recolección diferenciada para la prueba piloto de compostaje y los puntos de mayor acumulación de residuos.

Una vez recolectados, los desechos se comenzaron a recibir en un espacio al interior del predio del relleno sanitario, con condiciones básicas para realizar el proceso de compostaje. Dado que este fue un proyecto sin recursos propios o patrocinio, el diseño

del proceso de compostaje estuvo desde un inicio sujeto a la disponibilidad de espacio, personal, maquinaria y materiales que pudiera proporcionar la municipalidad.

El municipio, a través de la Dirección de Relleno Sanitario y Depto. de Servicios Públicos, proporcionó el espacio físico, la maquinaria para la aireación y maniobra del material (retroexcavadora), algunos materiales indispensables para el monitoreo y protección como termómetro metálico, guantes, cubre bocas y visores plásticos. Además se contó con el personal requerido para manejar la maquinaria y llevar la bitácora del proceso. Se tuvo especial cuidado en mantener la temperatura recomendada durante el proceso (Rynk y Richard, 2004; Pinamonti y Zorzi, 1996; Stoffella *et al.*, 1996), es decir, una temperatura de 55-65 °C los primeros 7 días, y entre los 30 y 35 °C el resto del proceso. La humedad y la oxigenación también fueron monitoreadas, manteniendo una aireación constante (pilas de volteo) y una humedad relativa recomendada del 50-60% (Bhardwaj, 1995; Golueke, 1989) Se medía el pH, procurando mantenerlo entre 6.5 y 8.5 (Willson, 1993) y se cuidaban los materiales que ingresaban al proceso, lo más posible, así como el tamaño de las partículas, tratando de triturar y cernir el material.

4.2.4. Análisis del producto final: Evaluación de la calidad del compost obtenido.

El objetivo de este estudio fue identificar los posibles usos que podría tener el abono elaborado a partir de los residuos del tianguis de la ciudad de Atlixco, y su comparación con el sustrato más utilizado en la región, que es la tierra de monte, o tierra de hoja. Para ello se estudiaron las diferentes respuestas de dos cultivos con presencia en la región y con características fisiológicas que los hacen indicadores de fitotóxicos: rábano (*Rhapanus sativus L.*) y lechuga (*Lactuca sativa L.*). Esta última fase de la investigación constó de dos experimentos que ayudaron a verificar la calidad del producto final del compostaje.

Métodos y herramientas:

Se realizaron experimentos comparativos entre mezclas con diferentes concentraciones de 2 sustratos: la tierra de hoja (TH) utilizada comúnmente en los viveros y en los campos agrícolas y la composta (Comp) elaborada a partir de los materiales orgánicos del tianguis de la ciudad de Atlixco. Se utilizó un sustrato inerte como testigo; en este caso se usó la turba (Turb) o “Peat Moss®” sustrato inerte comercial de amplio uso a nivel agrícola.

El experimento se realizó con 5 tratamientos (T), más el testigo (Turb), con 10 repeticiones cada uno. Las concentraciones se describen en la Cuadro 2

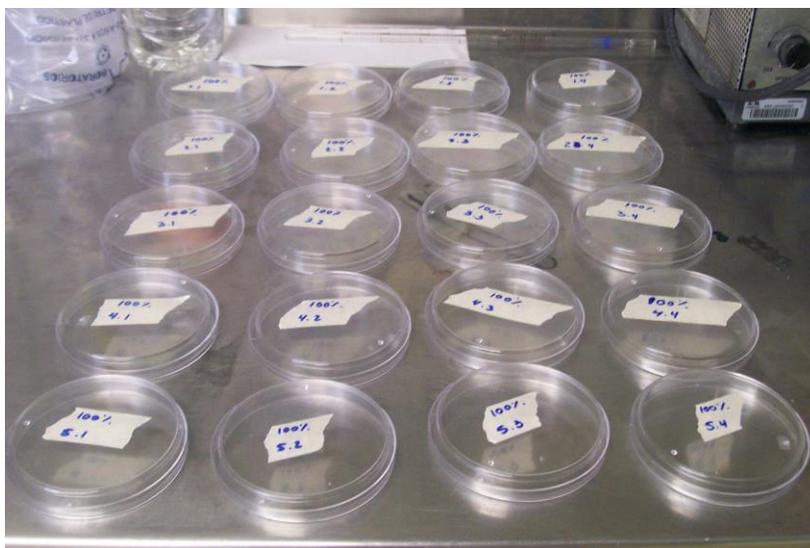
Cuadro 2. Concentraciones (%) usadas en los tratamientos

Tratamiento	Concentración	
	TH ² (%)	Comp. (%)
T1	10	0
T2	75	25
T3	50	50
T4	25	75
T5	0	100

² Tierra de Hoja obtenida de los viveros de Atlixco, Puebla.

El experimento se realizó con dos especies hortícolas, lechuga (*Lactuca sativa* L.) y rábano (*Rhapanus sativus* L.), especies elegidas por ser reportadas en la literatura como indicadores de fitotóxicos en sustratos (Zucconi et al., 1981; Tiquia, 2000; Emino y Warman, 2004), además de ser hortalizas de ciclo de crecimiento corto y coincidente con la temporada del año en la que se realizó el experimento. También, es importante remarcar que son especies hortícolas que se cultivan comúnmente en la región de Atlixco.

Para asegurar la viabilidad de las semillas y para analizar la fitotoxicidad de los sustratos, sobre todo de la composta, se realizó primero una prueba de Porcentaje de Germinación (PdG) sencilla (fotografía 1), según la metodología de Tiquia (2000), donde, a temperatura constante de 26 °C, se ponen de 10 semillas de lechuga y rábano dentro de cajas Petri con agua potable embotellada y papel filtro del No. 1. Se mantuvieron en oscuridad durante 7 días, y se sacó el porcentaje de semillas germinadas. En cada caja se pusieron 10 semillas y se realizaron 10 repeticiones, en cada especie. Lo obtenido en el laboratorio se comparó con el porcentaje de germinación obtenido en los sustratos, donde también se sembraron de inicio 10 semillas para esta prueba, pero se dejaron 3 plantas para el análisis final. Las bolsas que no tuvieron germinación la primera semana se contaron dentro de los promedios.



Fotografía 1. Experimento para identificar el porcentaje de germinación. Las 10 repeticiones del experimento de lechuga y las 10 repeticiones del experimento en rábano.

El experimento se realizó durante 45 días, bajo condiciones controladas de invernadero, a una temperatura promedio de 20°C y con una humedad relativa promedio de 17.9% como establece Zucconi (1981).

Las variables medidas fueron el Porcentaje de Germinación (PdG) la elongación de la raíz (ER), longitud de la planta (L), área foliar (AF), peso húmedo total (PHT), peso de raíz (PR), peso foliar (PF), peso de bulbo en el caso de rábano (PB) y número de hojas en el caso de lechuga (NumH). Las mediciones se realizaron al momento de corte. Después cada uno de estas variables se evaluaron mediante análisis de varianza y la prueba de Tukey ($p < 0,05$). Por otro lado, se hicieron análisis en laboratorio de las características de fertilidad de ambos sustratos, midiendo cantidades de nutrientes y de materia orgánica presente. Estos análisis se llevaron a cabo por el Laboratorio de Fertilidad de Suelos, del Colegio de Posgraduados, campus Montecillos.

4.3. ZONA DE ESTUDIO

El área de estudio se identificó con base en la problemática de residuos ubicada, la alta producción de residuos de origen orgánico, la relevancia económica, tanto a nivel local como municipal y estatal, y con características similares a otros tianguis del país. Una vez delimitado el estudio al municipio de Atlixco, en base a importancia económica del Estado, extensión de terrenos dedicados a la agricultura, comunidades rurales, tamaño de la población, problemática de generación y manejo de residuos, se prosiguió a identificar el tianguis más importante del municipio. Se identificó al tianguis de la ciudad de Atlixco, como uno de los más importantes del estado de Puebla, por la cantidad de afluencia económica y social que presenta, el total de comunidades y regiones que realizan actividades económicas en ese tianguis, además de la cantidad de residuos que genera y la problemática que representa para la ciudad.

El municipio se encuentra ubicado en el Valle de Atlixco a 25 kilómetros de la ciudad de Puebla, capital del Estado. El territorio se localiza en la parte centro Oeste del estado de Puebla con una altitud promedio de 1840 msnm. Sus coordenadas geográficas son los paralelos 18° 49' 30" y 18° 58' 30" de latitud norte y los meridianos 98° 18' 24" y 98° 33' 36" de longitud occidental. El municipio colinda al Norte con el municipio de Tianguismanalco, al Noreste con los municipios de Santa Isabel Cholula y Ocoyucan, al Suroeste con el municipio de Atzitzihuacan, al Sur con los municipios de Huaquechula y Tepeojuma, Sureste con el municipios de San Diego la Meza Tochimiltzingo, al Este con la Ciudad de Puebla, y al Oeste con el municipio de Tochimilco (Figura 7).

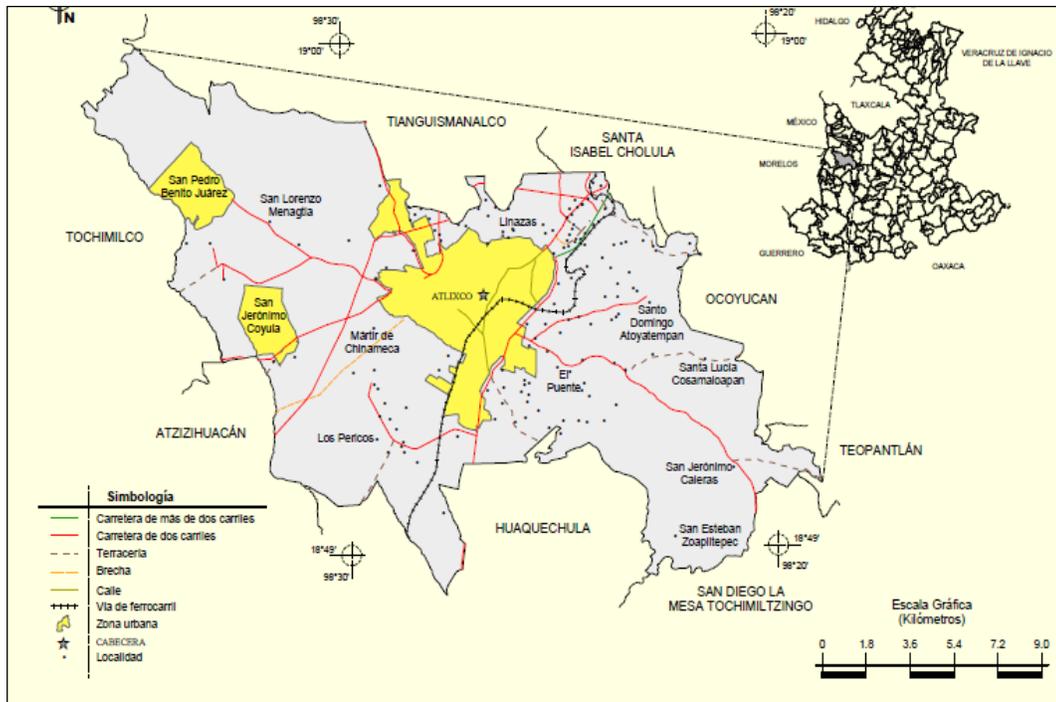


Figura 7. Ubicación de Municipio de Atlixco, Puebla (Fuente INEGI ,2005).

La superficie total del municipio es de 229.22 kilómetros cuadrados y esto lo ubica en el 51° lugar de los municipios pertenecientes al estado; la extensión del municipio se divide en 10 juntas auxiliares que son San Pedro Benito Juárez; Santo Domingo Atoyatempan; San Jerónimo Coyula; La Trinidad Tepango; Axocopan; San Miguel Ayala; San Jerónimo Caleras; San Diego Acapulco; Santa Lucía Cosamaloapan; y Metepec, cuenta con 95 localidades (Plan de Desarrollo Municipal, 2008-2011).

Atlixco es el cuarto municipio más poblado del estado, con 127,062 habitantes en la cabecera municipal (INEGI, 2010), antecedido únicamente por Puebla con 1 539 819 habitantes, Tehuacán con 274 906, y San Martín Texmelucan con 141 112. Ocupa el quinto lugar en orden de importancia económica en el Estado, después de la capital de Puebla, Tehuacan, Izúcar de Matamoros y San Martín Texmelucan (Plan de Desarrollo Municipal, 2008-2011).

El municipio tiene una importancia agrícola en el Estado, ya que, según INEGI (2010) Atlixco tiene sembradas en total 11,209 hectáreas, lo que representa el 1.13% de las 998,966 hectáreas sembradas en todo el Estado. El valor de la producción total agrícola en estas hectáreas es de \$463,408 (miles de pesos) lo que representa el 4.03% del total del valor de producción agrícola en todo el Estado. Y en temas económicos, se registra que Atlixco tiene el 1.65% de toda la inversión pública del Estado, aunque tan solo recibe el 0.84% del monto destinado para apoyos de PROCAMPO a nivel estatal.

Atlixco cuenta con 2 de los 159 mercados públicos de Puebla y 1 tianguis, de los 240, el cual es, después del de San Martín Texmelucan y el de Tepeaca, considerado el más grande, por su afluencia y derrama económica semanal.

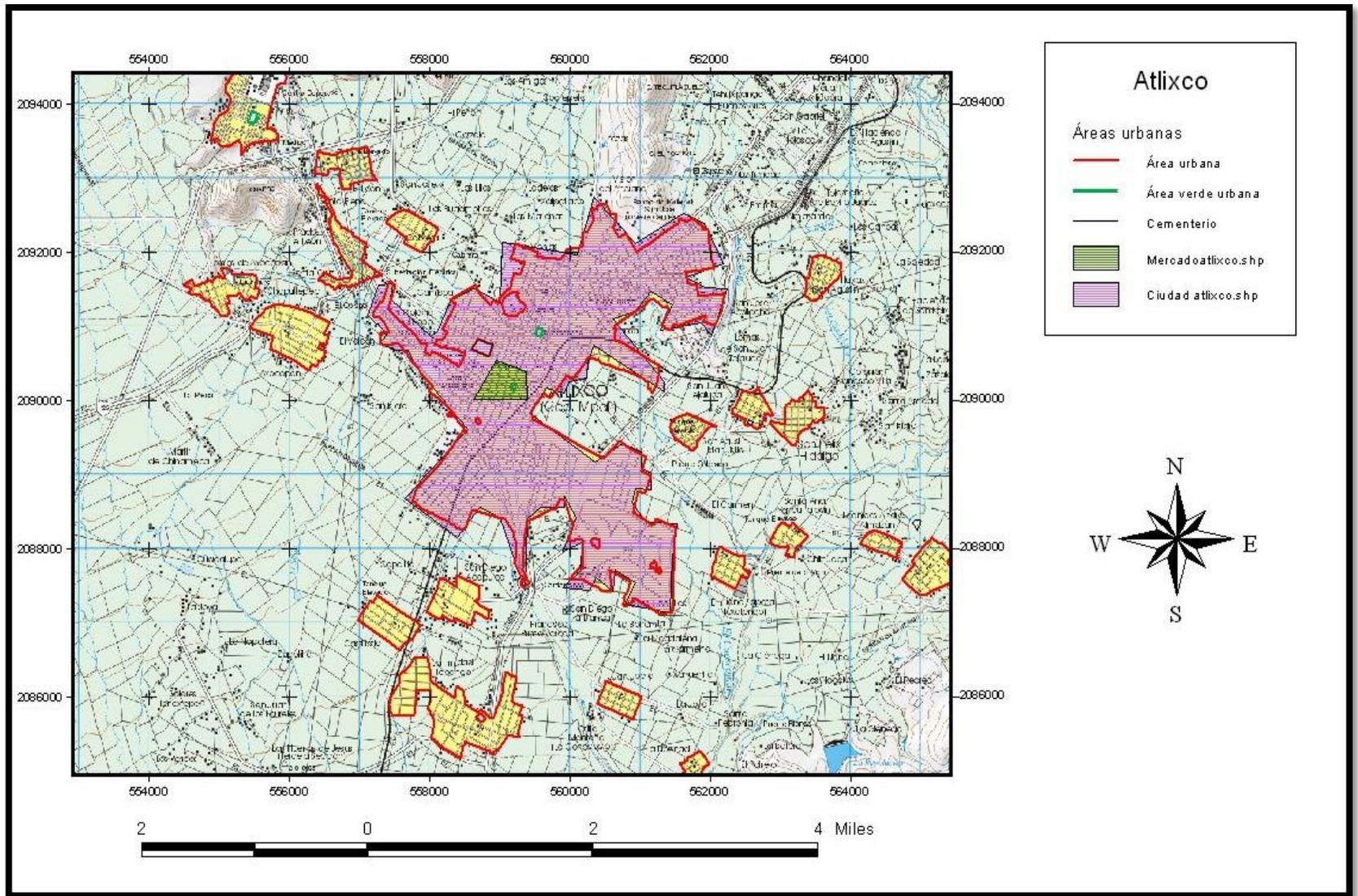


Figura 8. Ubicación del área urbana del municipio y del mercado de la ciudad. Fuente: elaboración propia a través de georreferenciación *in situ*

5. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados de la investigación, en el orden descrito en el Capítulo IV: Metodología y cuya discusión se presenta en el capítulo VI.

5.1. DESCRIPCIÓN DEL TIANGUIS Y LA DINÁMICA DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS

El tianguis de la ciudad de Atlixco es un centro de comercio itinerante con antecedentes históricos, que llega a la ciudad dos veces por semana, y en la cual se reúnen cerca de 6,000 personas por día, vendedores, transeúntes, turistas y comerciantes. Esta zona de comercio lleva aproximadamente 30 años en el mismo sitio. Anteriormente, se ubicaba donde hoy está el mercado Benito Juárez, sin embargo, cuentan las autoridades locales que se volvió insostenible por el constante crecimiento poblacional, y fue trasladado a la zona actual. Hoy en día existen planes de volver a trasladar el espacio de comercio, ya que la problemática social que se provoca a partir del tianguis se está volviendo inmanejable para las autoridades.

El tianguis abarca actualmente cerca de 4 hectáreas sobre la vía pública, en 26 cuadras, de las cuales están ocupadas casi el 25% por camiones de carga, que en su mayoría funcionan también como puntos de venta. La mercancía en su mayoría viene de la producción local y son principalmente materiales orgánicos: hortalizas, frutas, granos, cárnicos, lácteos, flores, madera, entre otras. También hay un sector de comerciantes dedicados a la venta de alimentos preparados, otro sector dedicado a la venta de ropa, herramientas, combustibles, juguetes, cerámica, productos de limpieza, productos de aseo e higiene, etc.

Una de las situaciones más evidentes es el contraste social. Locatarios de origen indígena, con productos originarios de sus comunidades, ocupan la misma cuadra que los grandes comerciantes que compran grandes cantidades de productos para revenderlos. La mayoría de los locatarios dedicados a la venta de productos orgánicos son de regiones rurales cercanas; algunos producen sus propias materias y otros compran los productos a los intermediarios de la región. La distribución comercial está organizada por grupos de productos, donde los floristas y verduleros se encuentran agrupados en ciertas calles y los de ropa y materiales plásticos en otras. Casi todos se organizan de esta forma, salvo algunas excepciones, en donde los locatarios son independientes y no pertenecen a ningún grupo.

Al interior del tianguis existen 19 sindicatos distintos, divididos por intereses políticos en su mayoría, aunque también hay por tipo de producto, como el sindicato de floristas (H. Ayuntamiento del Municipio de Atlixco, 2011). No se encontró ningún elemento que pueda clasificar a los locatarios como una organización establecida. Sin embargo, se encontraron ciertos códigos establecidos por la comunidad que les han permitido continuar trabajando en conjunto; uno de ellos es el objetivo común, que en este caso es la venta de productos itinerante. Cerca del 70% de los locatarios no viven en la ciudad de Atlixco, sino en alguna de las 50 comunidades distintas que visitan el tianguis, o incluso en otros estados de la República, lo cual hace más compleja la organización.

Los aspectos regulatorios del tianguis los emite el Departamento de Tianguis y Mercados Municipal, quien cuenta con un reglamento interno limitado a establecer las cuotas de uso de suelo, y del servicio de limpia, así como los días y horarios establecidos para el tianguis y el área permitida de comercio. Este reglamento no establece ninguna norma sobre el manejo de los residuos, sólo indica que el tema deberá ser atendido por el Departamento de Limpia Municipal.

5.1.1. Diagnóstico de la situación de residuos del tianguis

Por la cantidad de gente y materiales que se mueven al interior del tianguis, cada vez que éste se retira de la acera deja cerca de 30 toneladas de residuos, produciendo un estimado de 240 toneladas al mes, lo que representa 2,880 toneladas de residuos al año, (este cálculo es sin tomar en cuenta las variaciones en la generación de residuos que se dan por mes o por temporada festiva como día de muertos o navidad, tiempo en el que las cantidades aumentan considerablemente). Del total de estos residuos el 70% es de origen orgánico y no tienen ningún tratamiento previo a la disposición final (H. Ayuntamiento del Municipio de Atlixco, 2011). Los locatarios y los transeúntes arrojan los desechos a la vía pública, ya sea en bolsas o en cajas o directamente en el suelo, para dejar que posteriormente el Departamento de Limpia del Municipio los recoja (Fotografía 2). La recolección sucede hasta altas horas de la noche, cuando ya no hay locatarios en la zona.

Estos residuos son trasladados y vertidos en el interior del relleno sanitario intermunicipal sin ningún tratamiento previo o separación en fracciones. Considerando que la ciudad de Atlixco genera aproximadamente 100 toneladas de residuos al día, la cantidad aportada por el tianguis tiene un impacto importante tanto en la zona urbana donde se lleva a cabo, como en las dinámicas y manejos al interior del relleno sanitario.



Fotografía 2. Proceso de recolección de residuos generados por el tianguis.

5.1.2 Diagnóstico de la problemática social relacionada al manejo de residuos en el tianguis

La generación de los residuos que arroja el tianguis provoca dinámicas de conflicto social. El depósito de esta gran cantidad de residuos en la vía pública o en las entradas de las casa de los colonos de la zona es el principal punto de conflicto. A esto se le suma el hecho de que los colonos aprovechan los días de tianguis para sacar sus residuos domésticos y ponerlos junto con lo generado por el tianguis, provocando con esto una mayor contaminación en la zona. También se han suscitado conflictos entre el grupo de locatarios, que buscan deshacerse de los residuos, y los trabajadores encargados de la recolección que tienen poco personal, poca infraestructura y horarios sujetos a la voluntad de comerciantes. Todo esto trae como consecuencia los problemas de higiene, malos olores, presencia de fauna nociva, obstrucción de coladeras y contaminación del paisaje.

Existen puntos específicos de recolección, donde el camión recolector se estaciona para recibir los residuos; sin embargo, es necesario un trabajo exhaustivo de barrido en las calles para lograr que quede el trabajo de recolección completo. Las jornadas de recolección empiezan a las 20:00 horas, momento en el que por reglamento la vía pública debe quedar liberada, y terminan cerca de las 23:00 horas dada la larga labor de barrido y recolección que la disposición indiscriminada de estos materiales ocasiona.

5.1.2.1. Actitud y comportamiento en el manejo de residuos

El estudio evaluó la actitud y el comportamiento de los locatarios del tianguis de la ciudad de Atlixco, Puebla, respecto al manejo de desechos. Las variables fueron relacionadas con algunas características sociodemográficas de los individuos y el locus de control, con el fin de identificar los posibles elementos para elaborar una estrategia integral de manejo de desechos al interior del tianguis.

Las variables elegidas fueron aquellas que presentaban un valor estadístico significativo ($P \leq 0.05$) al momento de la correlación. Se encontró que las variables que presentaban una $P \leq 0.05$ fueron el nivel de escolaridad y el lugar de procedencia, relacionados con el locus de control. Aunque, al relacionarlas con la actitud y la conducta, éstas variables no tuvieron un valor de $P \leq 0.05$, no obstante, se tomaron en cuenta debido a que son datos que ayudan a explicar ciertos aspectos del comportamiento de los locatarios. En las gráficas siguientes solo se muestra el porcentaje de respuestas afirmativas.

a) Actitud y conducta positivas:

En la gráfica1 se muestran las diferencias encontradas entre la actitud y el comportamiento de los locatarios hacia el manejo de residuos sólidos en el tianguis

bajo 3 variables principales: identificación de la basura como un problema, el cumplimiento de las normas o reglas establecidas por el Municipio para manejo de residuos y separación de residuos.

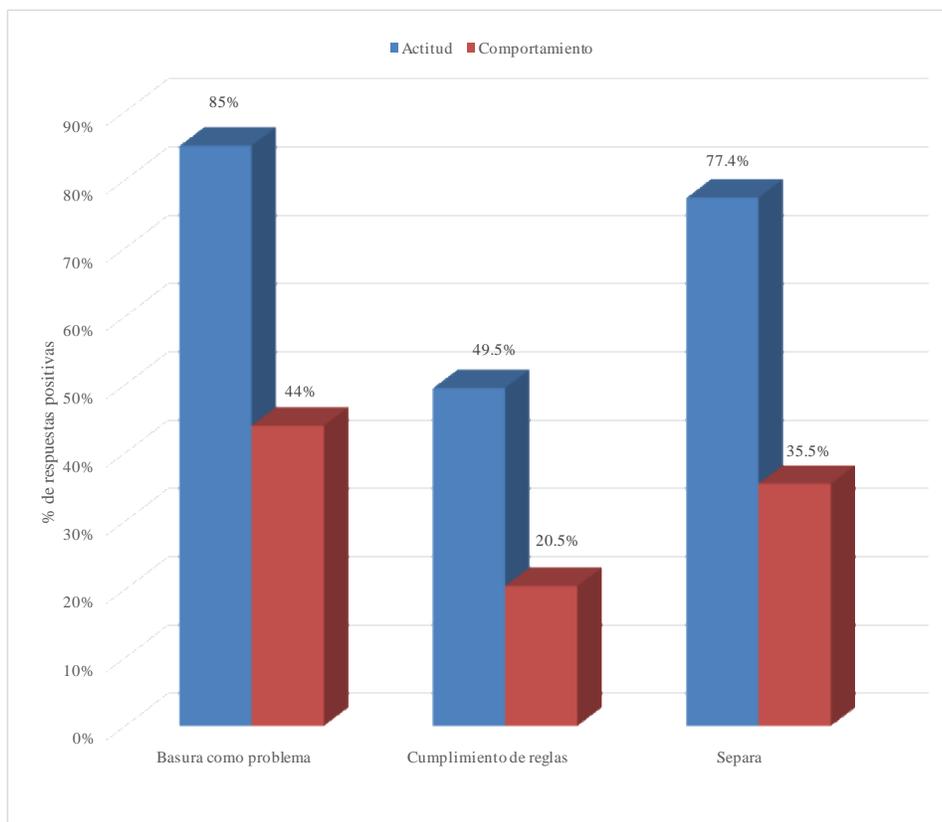


Gráfico 1. Comparativa entre la actitud y la conducta que expresaron los locatarios ante el manejo de residuos del tianguis.

La gráfica muestra que existe una diferencia entre la actitud que manifestaron los locatarios y el comportamiento. El 85% de los locatarios aseguró identificar a la basura como problema para todo el tianguis, pero sólo el 44% identificó a la basura como un problema de carácter individual. La diferencia porcentual entre actitud y conducta (41%) nos indica que no existe una congruencia entre la actitud que expresan los

locatarios frente a la situación de los residuos y la forma en la que actúa cada individuo ante esta realidad.

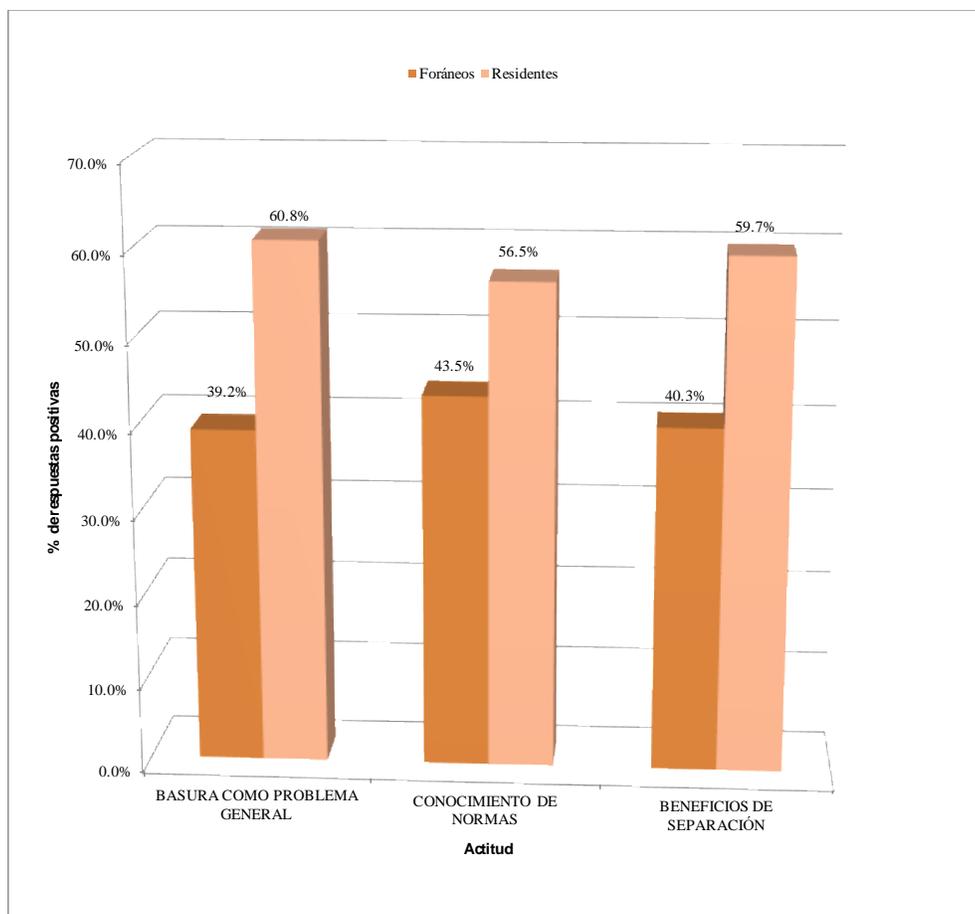
Con respecto a la normativa vigente para el tianguis, menos del 50% de los locatarios entrevistados afirmaron conocer y cumplir con las normas establecidas para el manejo de residuos del tianguis, y existe una diferencia de casi 30% entre los que dicen conocerlas y los que las cumplen.

La separación de basura tiene una tendencia parecida, ya que el 78% de los locatarios afirmaron saber los beneficios de la separación de residuos, pero sólo el 35% de los locatarios la separa, y en su mayoría lo hacen por un beneficio económico directo que obtienen al vender alguna de las fracciones separadas o aprovechar la parte orgánica para ganado.

b) Actitud y conducta relacionadas al lugar de procedencia

Las gráficas 2 y 3 muestran la relación que guarda el lugar de procedencia con la actitud y el comportamiento respectivamente. Esta relación se hizo con el fin de identificar algún vínculo entre el manejo de residuos y el sentido de pertenencia a la ciudad.

En el caso de la actitud relacionada con el lugar de procedencia, se encontró que el 60% de los locatarios residentes de la ciudad identificaron los residuos como un problema general para el tianguis, mientras que de los locatarios foráneos, sólo el 39% identificaron este problema; el 59% de los residentes afirmó saber los beneficios de la separación de basura, en contraste con los locatarios foráneos, los cuales sólo 40% lo reconocían; respecto a las normas y reglas de manejo de basura para el tianguis, el 56% de los locatarios residentes afirmaron conocerlo, mientras que en el caso de los foráneos sólo el 43% afirmaron conocerlas.

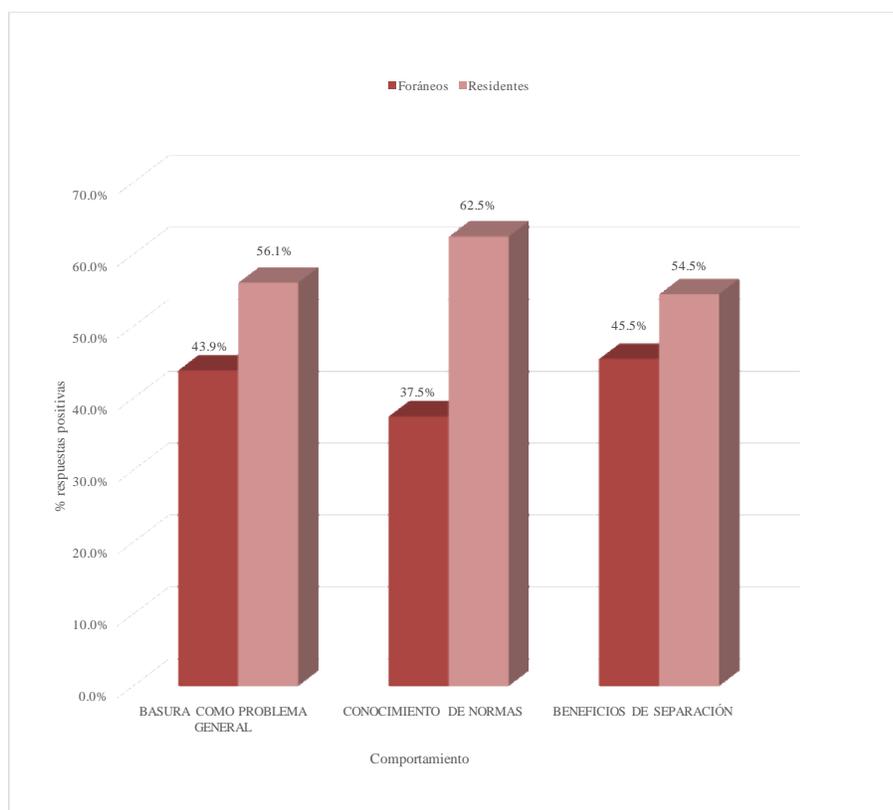


Gráfica 2. Relación entre la actitud de los locatarios ante el manejo de residuos y su lugar de procedencia.

En el caso de comportamiento relacionado con lugar de procedencia (gráfica 3), se observó que el 60.8% de los locatarios residentes identifican como un problema individual al mal manejo de la basura del tianguis, mientras que sólo el 39.2% de los locatarios foráneos lo toman así. Los locatarios residentes mostraron un mayor cumplimiento de las normas sobre manejo de residuos (62%), mientras que en el caso de los foráneos tan sólo el 37% afirmó cumplirlas. En cuanto a la separación de los

residuos, se observó un comportamiento similar, en el que los residentes de la ciudad tienen un mayor porcentaje de participación que los foráneos.

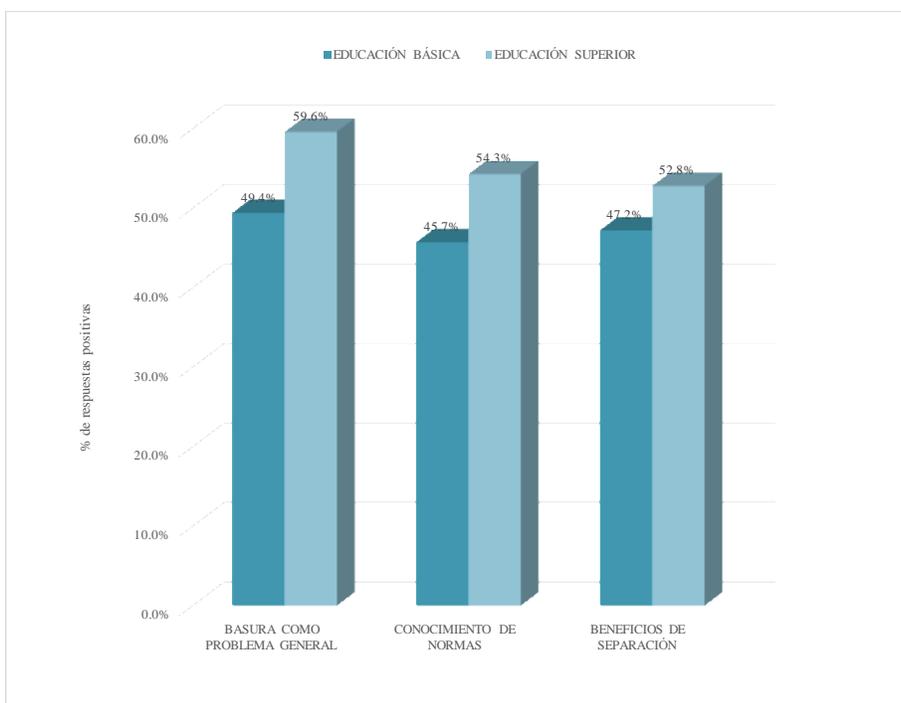
Estos resultados nos muestran que los locatarios residentes de la ciudad tienen en general una actitud y comportamiento más favorable hacia la modificación de la situación actual de los residuos, lo cual tiene relación con el sentido de pertenencia a la comunidad.



Gráfica 3. Relación entre la conducta de los locatarios ante el manejo de residuos y el lugar de procedencia.

c) Actitud y conducta relacionadas al nivel de escolaridad

En cuanto a la actitud y conducta relacionadas con el nivel de escolaridad de los locatarios, se observó que el nivel de educación guarda una relación directa con la actitud de los locatarios (gráfica 4), siendo los de educación superior (ES) los que mayor porcentaje de actitud positiva presentaron ante el manejo de residuos por encima del 50%, mientras que los locatarios con educación básica (EB) se mantuvieron por debajo de la media. Por otro lado, el comportamiento (gráfica 5) presentó una tendencia poco esperada en cuanto a la separación de residuos, ya que los locatarios con ES tuvieron un menor porcentaje de respuestas afirmativas, con solo el 45.5% que separaban sus residuos. Dado que la gente tiene mayor información o nivel de escolaridad se esperaba que este porcentaje fuera mayor.



Gráfica 4. Comparativo entre la actitud que presentan los locatarios con educación básica ante el manejo de residuos y la actitud de los locatarios con educación superior.

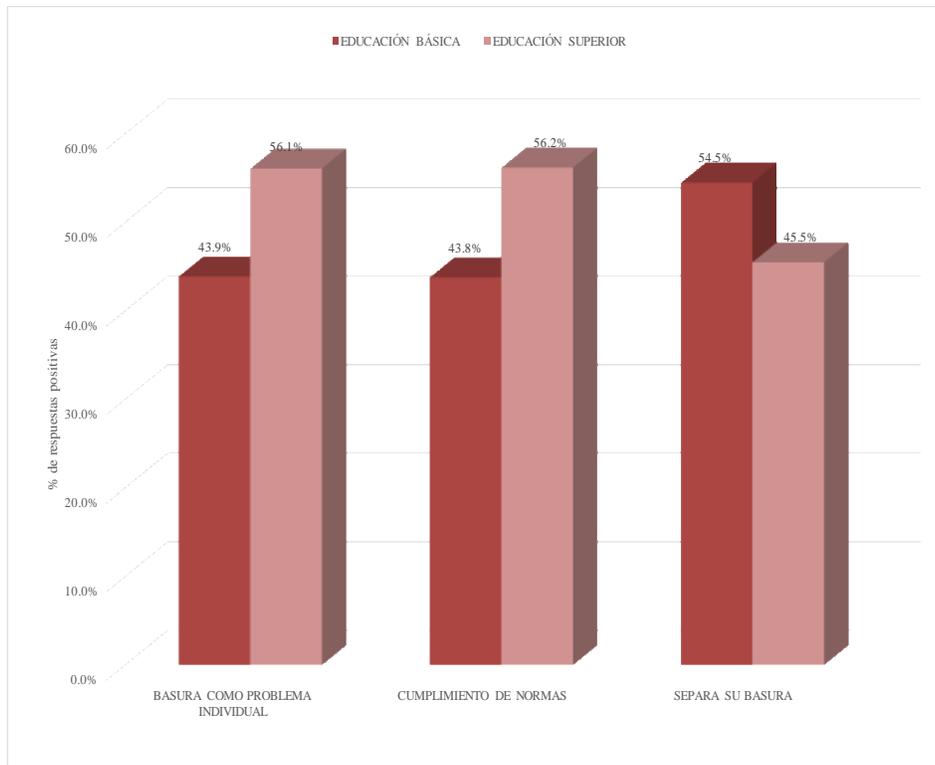
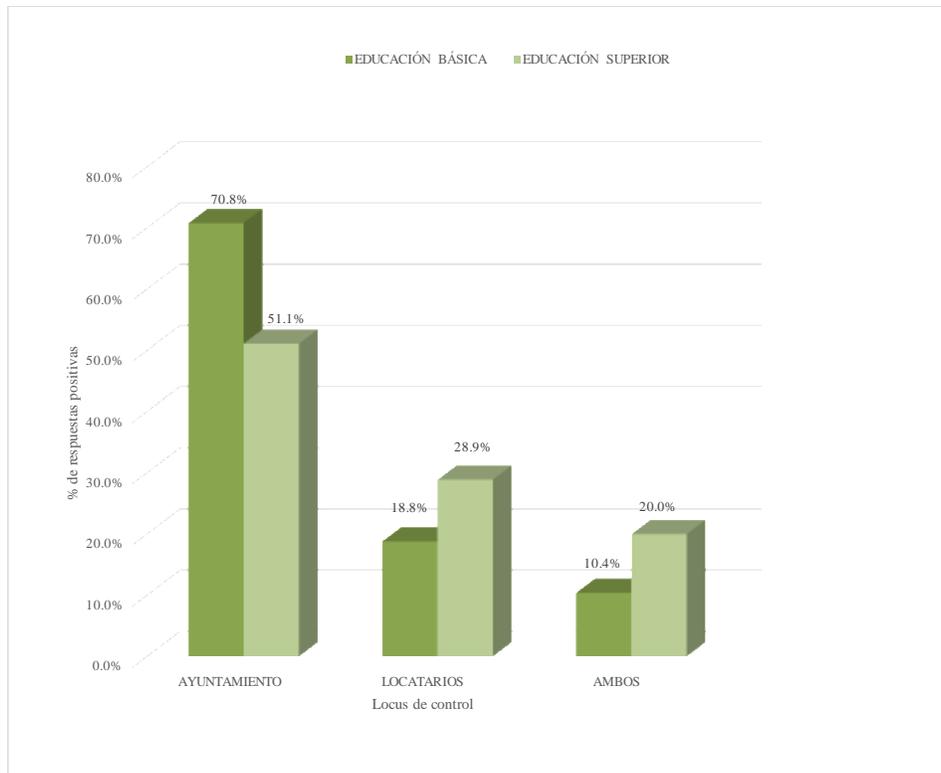


Gráfico 5. Comparativo entre el comportamiento que presentan los locatarios con educación básica ante el manejo de residuos y el comportamiento de los locatarios con educación superior.

d) Locus de control y escolaridad:

En la gráfica 6 se muestra la relación entre el locus de control de los locatarios y su nivel de escolaridad. En la gráfica se puede observar que el 70% de los locatarios con EB ubican la responsabilidad del manejo de residuos en las autoridades del Ayuntamiento, en contraste con los locatarios con ES, los cuales afirman (29%) que la responsabilidad de la recolección y manejo de los desechos es de los mismos locatarios.

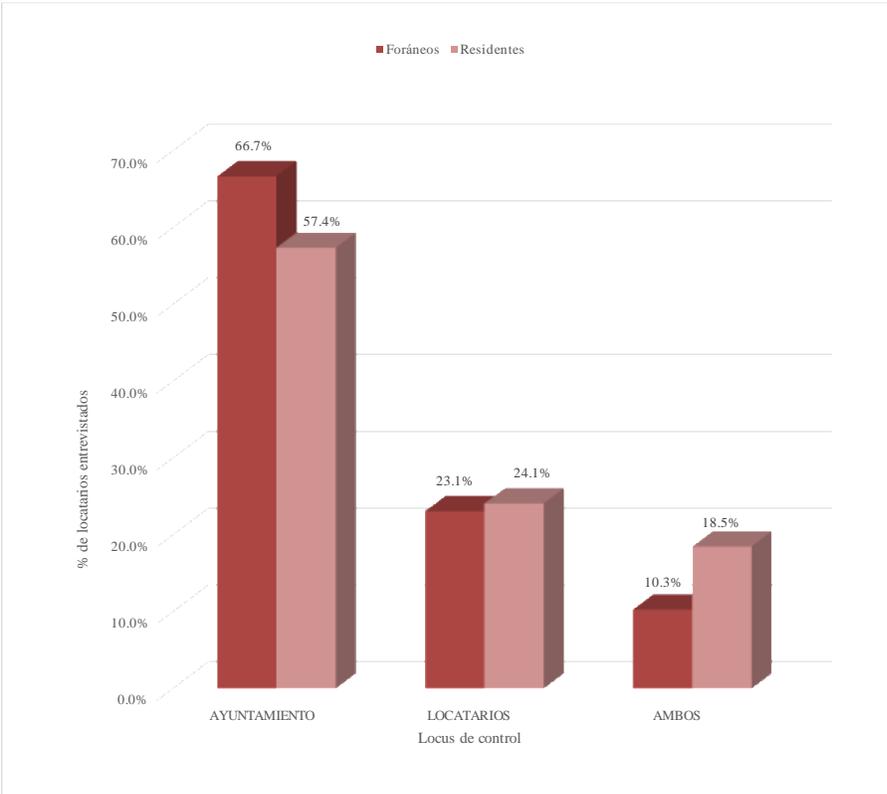


Gráfica 6. Locus de control relacionado con nivel de escolaridad.

e) Locus de control y lugar de procedencia:

En cuanto a la relación entre el locus de control y el lugar de procedencia, que se muestra en la gráfica 7, se encontró que es mayor el porcentaje de individuos que ubican la responsabilidad de manejo de residuos en las autoridades del Ayuntamiento cuando son foráneos que cuando son residentes (66%). Se observa que tanto los foráneos como los residentes muestran porcentajes muy parecidos al momento de ubicar la responsabilidad en los locatarios (23 y 24% respectivamente). Los locatarios residentes sitúan la responsabilidad del manejo de residuos tanto en ellos mismos, como en las autoridades en mayor proporción, (18.5%). Estos resultados muestran

que los locatarios foráneos presentan una exteriorización de la responsabilidad del manejo de residuos más marcada.



Gráfica 7. Relación entre locus de control y lugar de procedencia

Otros resultados interesantes, observados, son los relacionados con el nivel de pertenencia al grupo de locatarios del tianguis. El 66% de los locatarios encuestados no identifican al tianguis como un grupo unido y la mayoría de ellos piensan que cada individuo tiene ideas y objetivos independientes del grupo. También afirmaron que hay poca comunicación entre ellos y que existen conflictos con otros locatarios; la mayoría no se conocen entre ellos. Esto nos da una idea sobre el tipo de relación que se da al interior del tianguis y de las necesidades de fortalecerla.

5.2. ESTUDIO DE SEPARACIÓN Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS.

5.2.1. Prueba piloto de separación de residuos desde el origen.

La prueba piloto de separación de residuos (PPSR), ejecutada como se ha descrito en el apartado de metodología, sirvió para obtener la fracción orgánica objeto de compostaje en la etapa siguiente, con la menor cantidad de contaminantes posibles. Para ello, se buscó la participación de los locatarios del tianguis y del personal del Departamento de Limpia. En el proceso de la PPSR, se observó una marcada resistencia por parte de los locatarios a participar. No hubo una participación activa y la recolección diferenciada se ejecutaba principalmente por el personal de Limpia, sobre todo por los barrenderos, quienes hacían la separación manualmente antes de incorporar los residuos al camión. Conforme avanzó el proceso, se observó una mejora en la participación de la gente, la cual mostró mayor interés en mantener los residuos separados; sin embargo, en ningún momento se consiguió una participación del total de los involucrados. Muchos locatarios expresaban inconformidad por tener que separar los residuos, así como dudas sobre la importancia de hacerlo.



Fotografía.3. Residuos orgánicos recolectados del tianguis de la Ciudad de Atlixco.

La forma de medir los resultados obtenidos de esta fase fue a partir del constante monitoreo en el peso de material orgánico obtenido diariamente. Se mantuvo un registro de los incrementos mensuales en la cantidad de residuos recibidos, mismos que se muestran en la gráfica 8, donde se observa un claro incremento de material susceptible de compostaje.



Gráfica 8. Aumento (Kg.) en la cantidad de material recibido para la prueba de compostaje

Las cantidades de material recibido fueron aumentando constantemente durante los meses de prueba. Se empezó el proceso con un promedio de 3 toneladas al día (martes y sábados) durante el primer mes, y la cantidad aumentó paulatinamente a casi 6 toneladas. Esto pudo haber sido en respuesta al constante trabajo de concientización y mejora en la organización de la recolección diferenciada realizado por parte de los recolectores del Departamento de limpia del Municipio. En los días de fiestas municipales (día de muertos, Atlixcayotl, festividades navideñas) aumentó el peso del material recibido, sobre todo por una mayor cantidad de flores y comida cocinada.

La mayoría de los residuos fueron hortalizas y flores frescas, también se recibía material de poda (hojas, pasto, ramas pequeñas), residuos de comida cocinada, y servilletas y papel higiénico en menor proporción.

5.2.2. Planta piloto de compostaje:

Esta prueba fue realizada al interior del relleno sanitario en un área adaptada para dicho proceso. Era un área de media hectárea, con suelo de cobertura, y con un declive natural hacia el sureste. El proceso se realizó como se describe en el capítulo de metodología, en pilas al aire libre y con aireación y humectación semi-mecanizada.

Para poder obtener un proceso de compostaje lo más adecuado posible se capacitó al personal involucrado. Se les dio información general y técnicas necesarias para realizar el proceso, abarcando acciones de seguimiento, preventivas y correctivas, como muestra la figura 9 donde se describen los principales puntos de la capacitación.

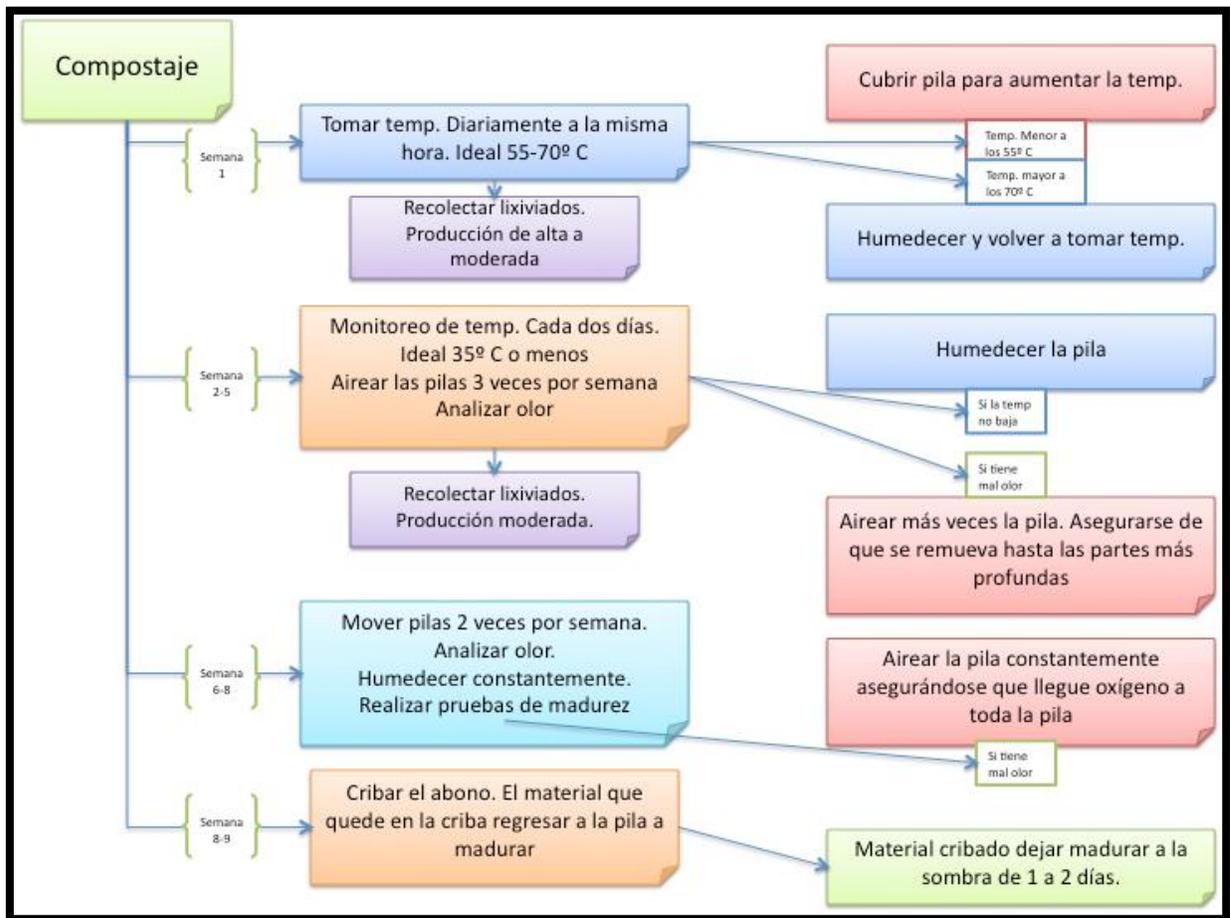


Figura 9. Ruta de acción para el personal encargado del proceso.

Dada la ínfima cantidad de presupuesto destinado al proyecto, el proceso se llevó a cabo con una infraestructura mínima, y con recursos sumamente limitados. Se utilizó un esquema de hileras aireadas mecánicamente con una retroexcavadora, 2 veces por semana. Se tuvo especial cuidado en mantener las condiciones fisicoquímicas adecuadas para el proceso, de acuerdo a lo planteado en la metodología.

Durante los primeros 2 meses del proceso de compostaje, se identificó que la separación de los residuos no era óptima, ya que los residuos se encontraban constantemente mezclados con fracciones inorgánicas. Se identificaron

contaminantes en las pilas de compostaje como botes de aceite, jeringas usadas, zapatos, bolsas de plástico, costales, juguetes, cubiertos, platos de plástico, vidrio y botellas plásticas. La mayoría de esos materiales no significaron un problema de contaminación que disminuyera la calidad del abono, ya que al momento de cernir el sustrato se eliminaban por completo del producto final. Sin embargo, en la primera porción de compost obtenido se observó una contaminación considerable por vidrio molido, cuyas partículas finas no fue posible separar en el cernidor y se mezclaron con el abono, lo cual dio como resultado un producto final de mala calidad, no apto para usarse como abono agrícola.

En las pilas siguientes se buscó eliminar lo más posible estos materiales antes de la aireación y movilización de las mismas, para evitar lo ocurrido anteriormente, y el resultado fue un producto final con una calidad más funcional para los objetivos deseados. En las fotografías 4 y 5 se muestran las técnicas utilizadas de humectación y aireación.



Foto 4 y 5. Método de humectación y aireación de las pilas de compostaje de los residuos provenientes del tianguis de la Ciudad de Atlixco. Semana 4 y 5 del proceso.

La cantidad de abono que se registró del mes de marzo a noviembre de 2012 fue de 58.35 toneladas, las cuales fueron analizadas en el laboratorio de Fertilidad de Suelos, del Colegio de Posgraduados, Campus Montecillos, cuyos resultados se muestran en el cuadro 3. Como se muestra, el porcentaje obtenido de C, P, K, y Materia Orgánica total son menores a lo esperado.

Cuadro 3. Análisis de la calidad del compost en sus diferentes elementos nutritivos

Elementos nutritivos	% en composta	Elementos nutritivos	ppm en composta
C/N*	0.94	Fierro (Fe)	6573
Materia orgánica (MO)**	1.68	Cobre (Cu)	11
Carbono (C)	0.79	Manganeso (Mn)	270
Nitrógeno (N)	0.84		
Fósforo (P)	0.09		
Potasio (K)	0.07		
Calcio (Ca)	1.27		
Sodio (Na)	0.71		
Magnesio (Mg)	0.45		

*Calculado a partir de los valores del Carbono y del Nitrógeno

**Estimada a partir del Nitrógeno porcentual

A pesar de haber obtenido cantidades de más de 10 toneladas de compost al mes, y de representar una oportunidad para la producción agrícola de la región, el producto no fue utilizado por falta de conocimiento, tanto de las autoridades como de los productores, sobre la existencia de este abono y sus posibles usos agrícolas y forestales.

Generalmente el producto de una composta depende de la cantidad de residuos producidos de materiales diferentes y su concentración porcentual de elementos nutritivos para las plantas. La relación carbono nitrógeno (C/N) resultante fue de 0.94%, derivada de la cantidad presente en la composta con carbono 0.79% y nitrógeno 0.84%; la relación de ambos nutrientes resultó baja, considerando el tipo de residuos utilizados (en su mayoría hortalizas).

El fósforo presentó un valor muy bajo de 0.09%, comparado con el valor de 0.50% en composta presentados por Schuldt (2006), el cual depende del tipo y origen de material procesado. El potasio encontrado en la composta estudiada fue también bajo (0.07%) a diferencia del reportado por Schuldt (2006), cuyo valor fue de 0.72%.

La relación entre los nutrientes obtenidos en este abono y los valores esperados se muestra en el cuadro 4.

Cuadro 4. Interpretación de los elementos nutrientes obtenidos

Elementos nutritivos	Escaso: muy pobre	Moderado: pobre	Normal: medio	Elevado: rico	Exceso: muy rico
Carbono (C)		X			
Nitrógeno (N)		X			
Fósforo (P)	X				
Potasio (K)	X				
Calcio (Ca)				X	
Sodio (Na)	X	X			
Magnesio (Mg)		X	X		
Fierro (Fe)					X
Cobre (Cu)			X		
Manganeso (Mn)					X
M.O.		X	X		

5.3. ANÁLISIS DEL PRODUCTO OBTENIDO Y DE SU USO A NIVEL AGRÍCOLA³.

En esta parte de la investigación, se hicieron las pruebas de germinación y de crecimiento vegetal a diferentes concentraciones de compost como sustrato, para evaluar la calidad del abono obtenido en la Prueba piloto de compostaje municipal. El objetivo de esta evaluación fue identificar el uso potencial del material obtenido, en el ámbito agrícola.

En la investigación se identificó que el municipio de Atlixco tiene una población agrícola de cerca del 26% y tiene un padrón de viveristas registrados de más de 1,500 personas (Gobierno Municipal de Atlixco, 2011-2013). La gran mayoría de ellos utilizan sustrato extraído de suelos forestales cercanos a la región, como la tierra de hoja obtenida del área forestal protegida del Parque Izta-Popo, al noroeste del municipio poblano, zona colindante con el Estado de México. Pocas opciones se les han ofrecido a los agricultores y viveristas para modificar dichas acciones.

La hipótesis inicial de esta parte de la investigación fue que la composta producida por el municipio sería de igual o de mejor calidad que el sustrato de tierra de monte que utilizan los agricultores y viveristas del municipio.

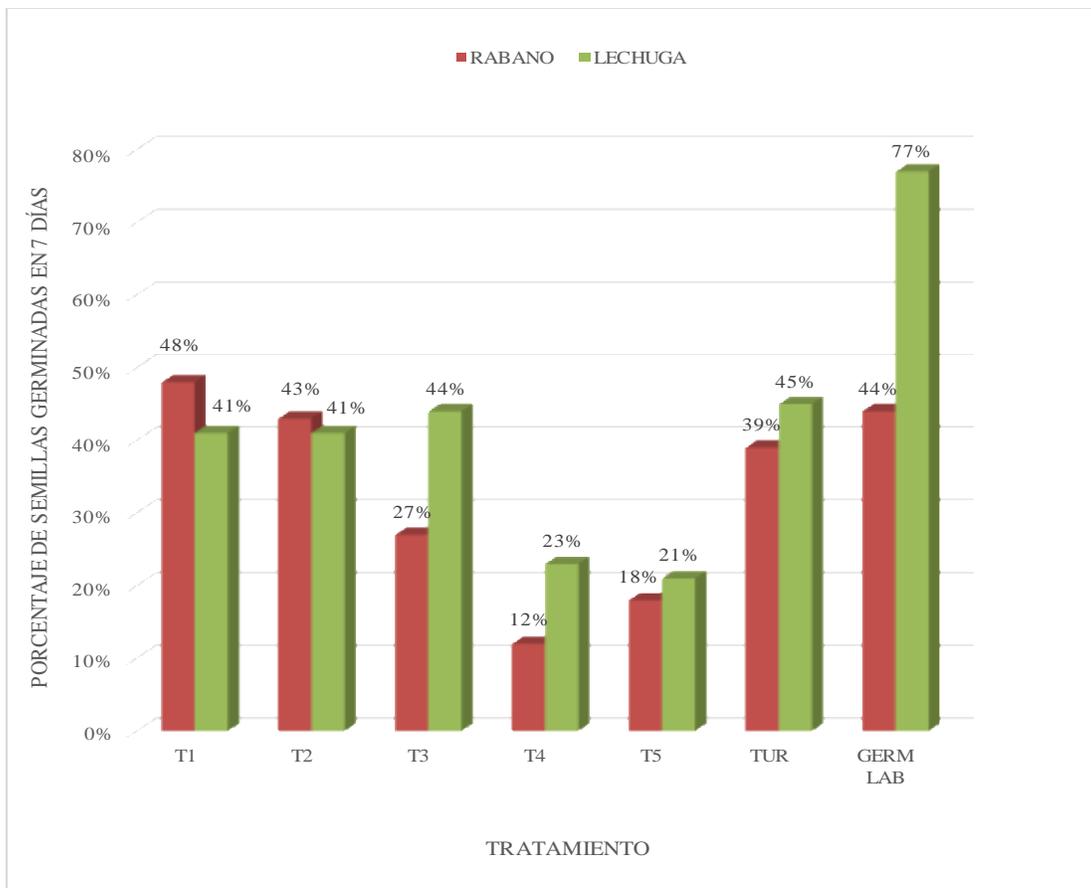
La primera prueba realizada fue la de germinación con las semillas, para ver si estas eran viables. La germinación de las semillas realizado en laboratorio comparó entre los tratamientos y el testigo. En la gráfica 9 se muestran los resultados del porcentaje de germinación que presentaron dichos tratamientos, durante 7 días. Se puede observar que los resultados del laboratorio indican una viabilidad de semilla del 77% en lechuga y en rábano 44%. Aun cuando no hay diferencias en la germinación dentro

³ Al igual que el apartado anterior, éste apartado fue originalmente elaborado con formato de artículo científico, y readaptado para este capítulo. El artículo original se adjunta el ANEXO II, donde se podrá encontrar con mayor detalle algunos procesos y marcos referenciales específicos

de los distintos tratamientos⁴ probados en los sustratos, los porcentajes de germinación fueron inferiores a los que se obtuvieron en laboratorio. En los sustratos el crecimiento de lechuga se vio limitado, ya que el máximo obtenido fue de 45% en TUR (turba) y similar en T1, T2, y T3. Pero estos resultados difieren con T4 y T5, debido a la proporción de tierra de hoja y composta, que retienen más humedad e inhibe la germinación, y son congruentes los resultados con la literatura relacionada con la acción de ciertas sustancias y elementos del suelo en la semilla, como es el agua, que fue utilizada en la prueba testigo (Varnero *et al.*, 2006; Emino y Warman, 2004; Warman, 1999).

Con respecto al rábano, los porcentajes de germinación permanecieron bajos y con diferencias entre tratamientos, siendo el T4 el más bajo del resto (gráfica 9). Se demostró que los sustratos afectan el porcentaje de germinación, aunque el porcentaje de germinación depende también del estado de la semilla. Los tratamientos no tuvieron un efecto negativo en el crecimiento, por tanto nos indica que no hay presencia de fitotóxicos que limiten el crecimiento de las plantas.

⁴ Para referirse a los diferentes tratamientos se designará un T y el número que corresponde al porcentaje de compost en cada tratamiento. Ver cuadro 2.

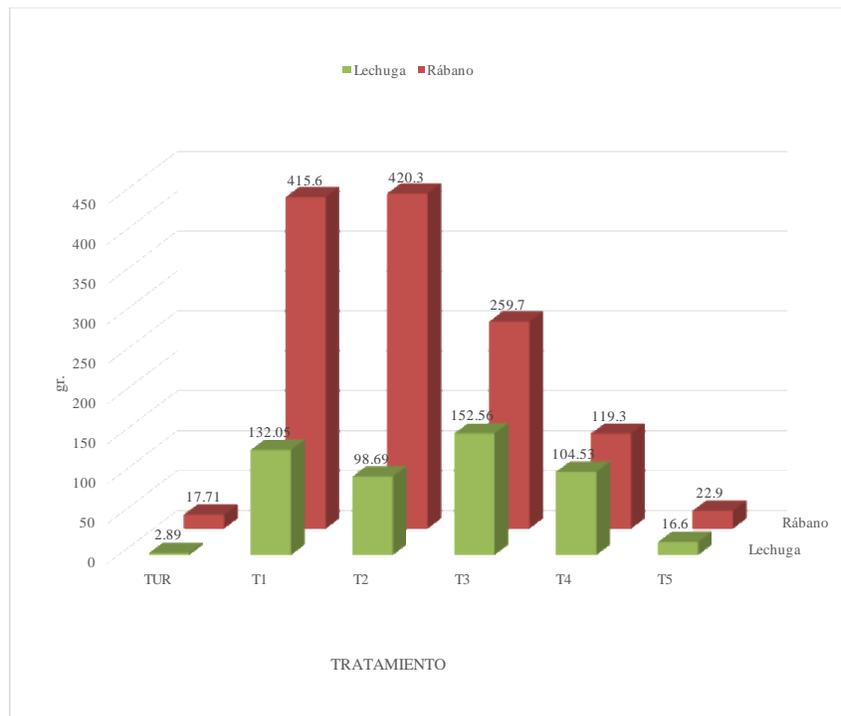


Gráfica 9. Porcentaje de germinación comparado por tratamiento, y por planta.

Las respuestas obtenidas de los 5 tratamientos, tanto en lechuga como en rábano, fueron diferentes comparadas con la respuesta esperada. Ningún tratamiento mostró respuestas que indicaran la presencia de fitotóxicos o de elementos inhibidores del crecimiento vegetal, ni en rábano ni en lechuga. En general mostraron una respuesta de crecimiento favorable en ambas especies. El tratamiento con menor valor en todas las variables medidas fueron el T4 y T5 los cuales contenían la concentración de composta más alta. Esto es consecuente con las recomendaciones en cuanto a porosidad en el material orgánico. Para cumplir con el suministro de agua y aire, los sustratos orgánicos deben poseer una porosidad mayor del 85% y capacidad de

retención de agua, aunado a un drenaje rápido y una aireación entre 10 y 30% (Park *et al.*, 2011), y a mayor cantidad de materia orgánica, menor porosidad y drenaje.

La gráfica 10 y 11 muestran las comparaciones realizadas en cuanto al peso húmedo y la longitud radicular entre lechuga y rábano. En la gráfica 10 se observa que en los tratamientos del ensayo el rábano presentó un peso mucho mayor, similar en el T1 y T2, mientras que la lechuga presentó los valores más altos en el T3, pero ambos con diferencias en peso húmedo con el resto de los tratamientos. Las principales diferencias entre los porcentajes de peso húmedo entre lechuga y rábano se deben a la naturaleza de cada planta: el rábano es una planta con bulbo que retiene una mayor cantidad de agua.



Gráfica 10. Valores de peso húmedo total comparados por tratamiento en lechuga y rábano.

En el caso del rábano, aún cuando los tratamientos T1 y T2 presentaron estadísticamente mayor peso húmedo de la materia vegetal obtenida, ambos son similares, Contrario a lo que sucedió con el resto de los tratamientos, que fueron estadísticamente diferentes entre sí. La diferencia entre el T1 y el T3 fue de poco más del 75%, mientras que la diferencia entre T3 y T5 fue de 93.75%. Entre la T3 y T2 la diferencia fue de 37.5%. Entre el tratamiento T1 (100% tierra de hoja) y el T5 (100% Compost) la diferencia fue de 75%, siendo el T1 la que mayor peso húmedo total presentó.

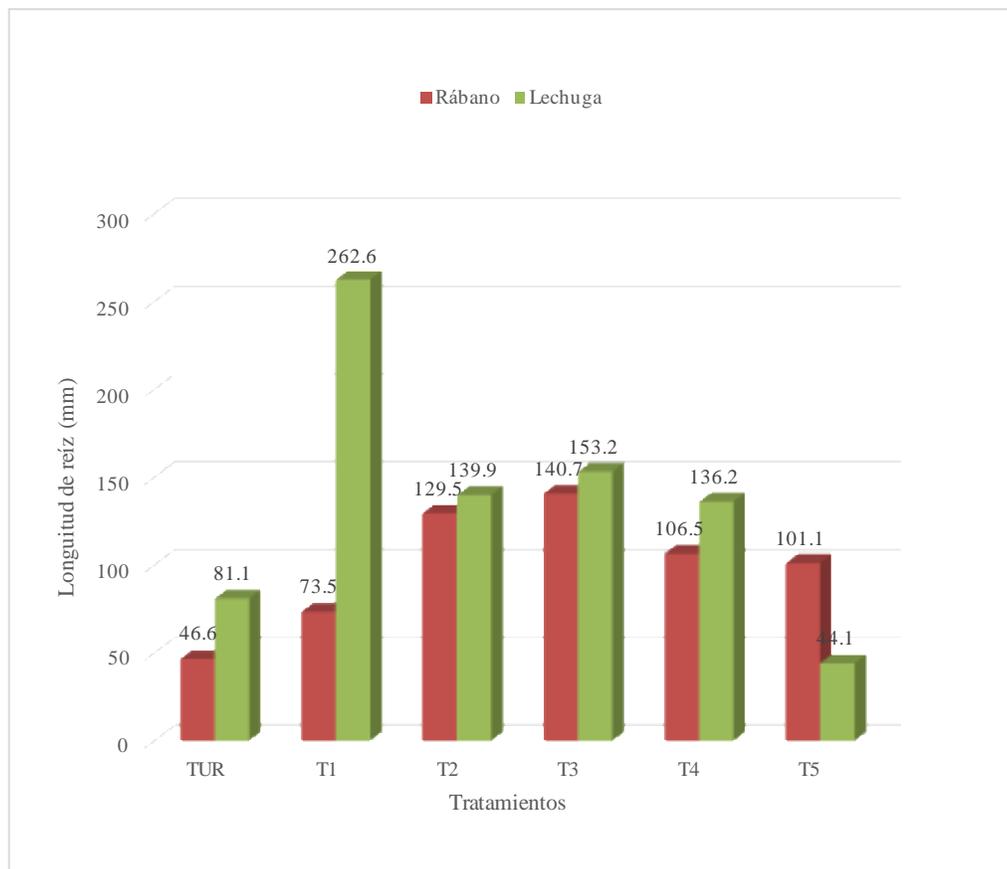


Gráfico 11 .Comparación de crecimiento medio radicular entre lechuga y rábano, por tratamiento.

La longitud promedio de la raíz mostró un comportamiento similar en todos los tratamientos, tanto en rábano como en lechuga. Sin embargo, en el caso de la lechuga se encontró un crecimiento muy por encima del resto de los promedios en el T1. Esta condición será discutida más adelante, pero podría ser un importante indicador de la calidad del compost utilizado y su relación con cierto tipo de cultivos hortícolas.

El T1 presentó los valores más altos en cuanto a crecimiento vegetal y biomasa, tanto en la lechuga como en el rábano, como se puede apreciar en las fotografías 6 y 7. En el caso del rábano, se obtuvieron valores similares de peso foliar comparado con el T3.



Fotografía 6. Comparación de crecimiento vegetal entre Turba (TUR, izquierda) y T1 (derecha) en rábano.



Fotografía 7. Comparación de crecimiento vegetal desigual en lechuga. Empezando de adelante hacia atrás son los tratamientos TUR, T1, T2, T3, T4 y T5.

Efecto de los sustratos en el rábano:

En el cuadro 5 se muestran los ANOVAS realizados con los datos obtenidos de los 6 tratamientos para el rábano. Se expresan los resultados de área foliar, peso del bulbo y diámetro del bulbo. Es conveniente señalar que aun cuando se realizaron los análisis estadísticos para todas las variables, solo se reportan los que presentaron valores significativos. Las medias con diferente letra en la columna derecha son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$). A partir de esta información se elaboraron las gráficas y el análisis de los resultados.

Cuadro 5. ANOVA en las variables de área foliar, diámetro de bulbo y peso del bulbo para rábano. Resultados significativos.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test Variable: Área Foliar			
Trat	Mean	Homogeneous Groups	
3	56.100	A	
1	55.460	A	
2	50.990	A	
4	38.480	B	
5	19.480	C	
6	17.040	C	
Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 3.8001			
Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test Variable: Peso del Bulbo			
Trat.	Mean	Homogeneous Groups	
1	29.480	A	
2	28.230	A	
3	14.680	B	
4	5.8100	C	
5	0.3000	C	
6	0.0	D	
Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 2.6883			
Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test Variable: Diámetro del Bulbo			
Trat.	Mean	Homogeneous Groups	
2	34.332	A	
1	33.068	A	
3	23.501	B	
4	14.103	C	
5	3.1740	D	
6	0.00	E	
Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 2.6572			

La producción de área foliar total del rábano (gráfico 12), expresada en mm² al final del ciclo, difiere significativamente en la media obtenida de área foliar entre los tratamientos de sustratos. Aunque, la menor cantidad de área foliar observada fue en el testigo y el T5 (17.04 y 19.48 mm² respectivamente). Sin embargo, una mayor cantidad proporcional de tierra de hoja y composta no difiere de una cantidad mayor de hoja, que tiene la capacidad de aprovechar de manera eficiente la humedad por la planta (T1y T2).

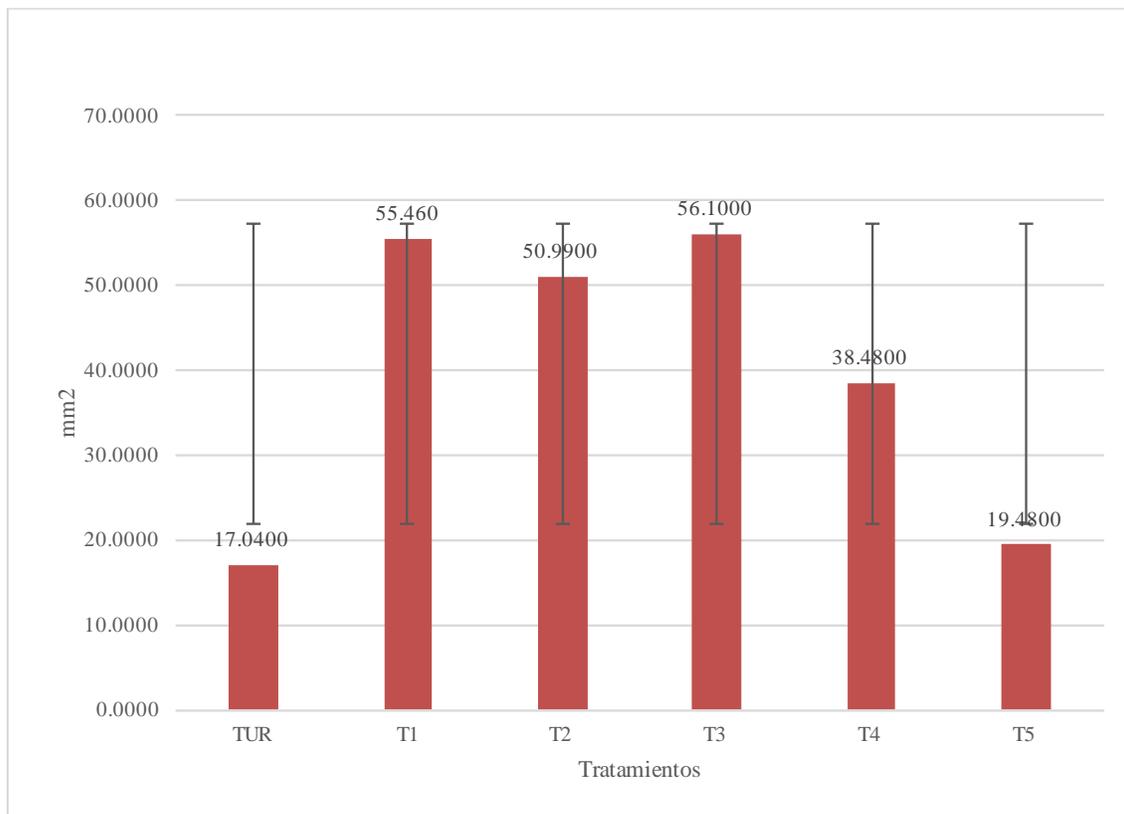
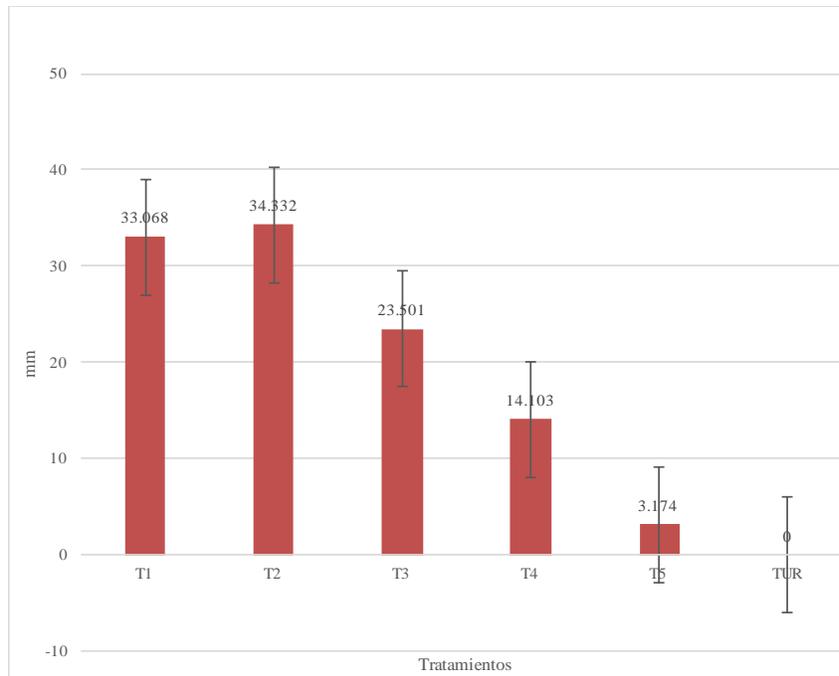
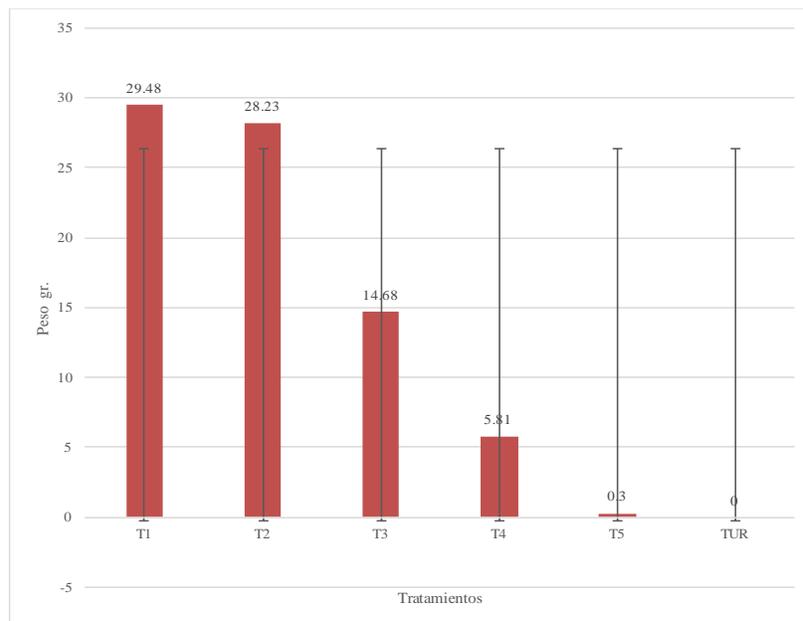


Gráfico 12. Comparación entre tratamientos del promedio del área foliar en rábano.



Gráfica 13. Comparación de diámetro de bulbos entre tratamientos.



Gráfica 14. Peso promedio de bulbos en rábano, por tratamiento.

La gráfica 13 muestra las diferencias entre crecimientos de bulbos, donde se observa claramente un crecimiento mayor en el T2 y conforme aumenta el % de compost, disminuye el diámetro del bulbo. En el tratamiento TUR no se presentó crecimiento de bulbo. En la Gráfica 14 se observa las diferencias entre los pesos de los bulbos desarrollados por las plantas, según cada sustrato. En general los pesos van disminuyendo en la medida en que bajan los porcentajes de tierra de hoja y aumenta el porcentaje de composta. Esto nos indica que la tierra de hoja es una alternativa en la producción de bulbos, observando su manejo en la práctica presenta mejor drenaje. Tanto el T5 como la TURBA (Peat Moss®) no desarrollaron los bulbos, siendo extremadamente pequeños. Claramente el T1 presentó un mayor crecimiento, seguido del T2, pero ambos no fueron estadísticamente significativos.



Fotografía 8. Crecimiento de bulbos de rábano en tratamiento 3 y 4 correspondientemente, en la semana final del experimento.

Efecto de los sustratos en la lechuga:

En el cuadro 6 se muestran los ANOVA realizados con los datos obtenidos de los tratamientos ensayados para la lechuga. Estos resultados comparativos fueron en las variables de área foliar, longitud de raíz, peso foliar, peso de raíz y peso húmedo. Es conveniente señalar, que aun cuando se realizaron los análisis estadísticos para todas las variables, solo se reportan las que presentaron valores significativos. Medias con diferente letra en la columna derecha son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).

Como se observa en el mismo cuadro, el área foliar en el T5 es estadísticamente menor (2177.7) que el resto de los tratamientos, que aun cuando son mayores, estadísticamente presentan igualdad. En longitud de raíz, solo el T1 (262.60) es significativo, el resto no lo fue. En peso de hoja el T3 (13.124) fue significativamente mayor, que el resto de los tratamientos que no presentaron diferencias significativas. Por último, en el caso del peso húmedo los T3 (15.652) y T1 (13.205) son estadísticamente diferentes, al resto de los tratamientos que no fueron significativos y con valores más bajos.

A partir de esta información, se elaboraron las gráficas correspondientes y el análisis de los resultados.

Cuadro 6. Resultados de la prueba de ANOVA para el caso de Lechuga.

Comparación de Área Foliar por Tratamiento a través de prueba de Tukey			
Tratamien	Mean	Homogeneous Groups	
3	8699.5	A	
2	8205.4	A	
6	88.359	AB	
1	7581.6	AB	
4	6275.9	B	
5	2177.7	C	
Alpha	0.05	Standard Error for Comparison	483.27
Critical Q Value	4,178	Critical Value for Comparison	1427.8
Comparación de Longitud de raíz por Tratamiento a través de prueba de Tukey			
Tratamien	Mean	Homogeneous Groups	
1	262.60	A	
3	153.20	B	
2	139.90	B	
4	136.20	B	
0	81.100	C	
5	44.100	C	
Alpha	0.05	Standard Error for Comparison	17.454
Critical Q Value	4,178	Critical Value for Comparison	51.567
Comparación de Peso húmedo por tratamiento a través de prueba Tukey			
Tratamien	Mean	Homogeneous Groups	
3	15.652	A	
1	13.205	B	
4	10.453	C	
2	9.8690	C	
5	1.6600	D	
0	0.2890	D	
Alpha	0.05	Standard Error for Comparison	0.8233
Critical Q Value	4,178	Critical Value for Comparison	2.4324

En la gráfica 15 se muestran los promedios de área foliar por tratamiento, y se observa que el T3 presentó una mayor área foliar en comparación con el resto de los tratamientos. En el caso de lechuga, siendo una especie hortícola valorada por sus hojas, es importante remarcar que este crecimiento observado en el T3 representa una ventaja para su producción y comercialización. También se encontró un importante decremento en el área foliar al agregarle un mayor porcentaje de compost al sustrato, como se observa en el T4 y T5. Este último tratamiento fue significativamente más pequeño que el resto de los tratamientos, sin incluir al control (TUR).

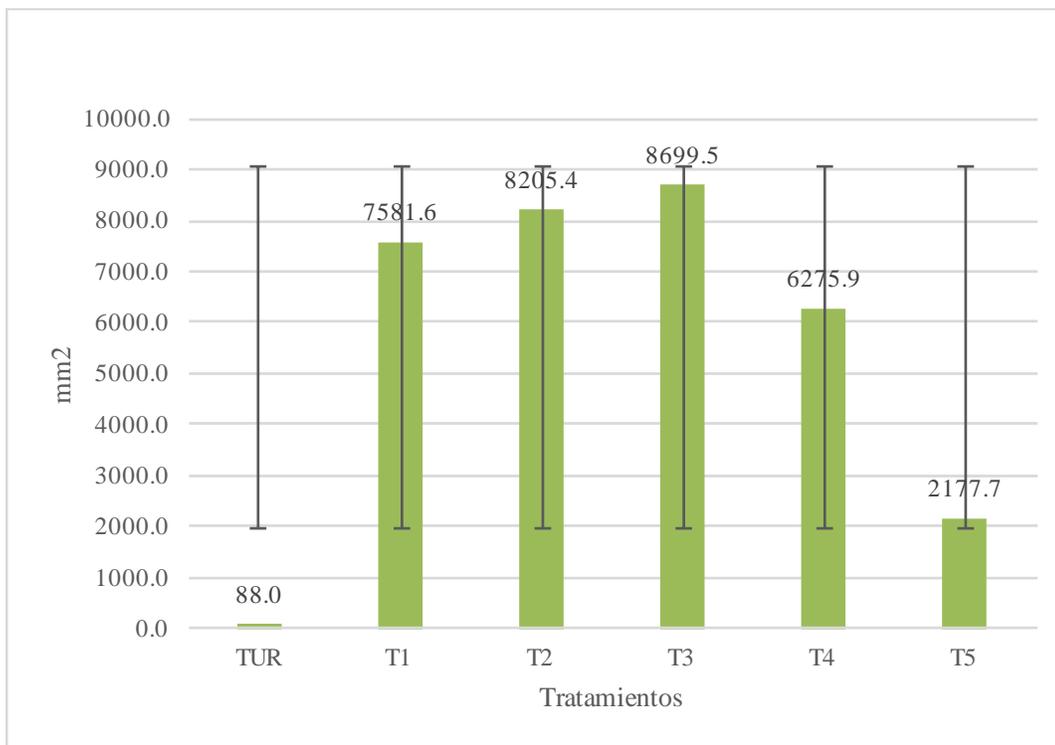
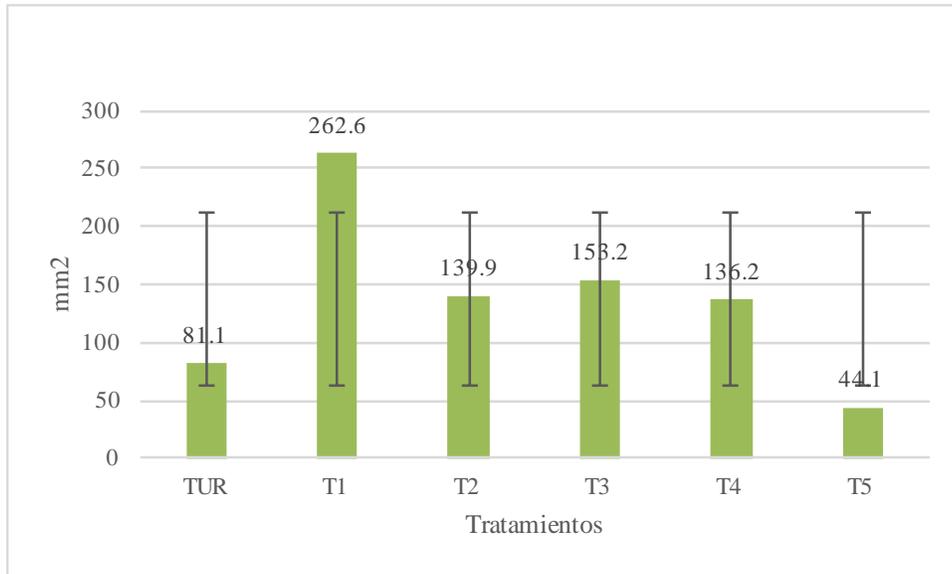
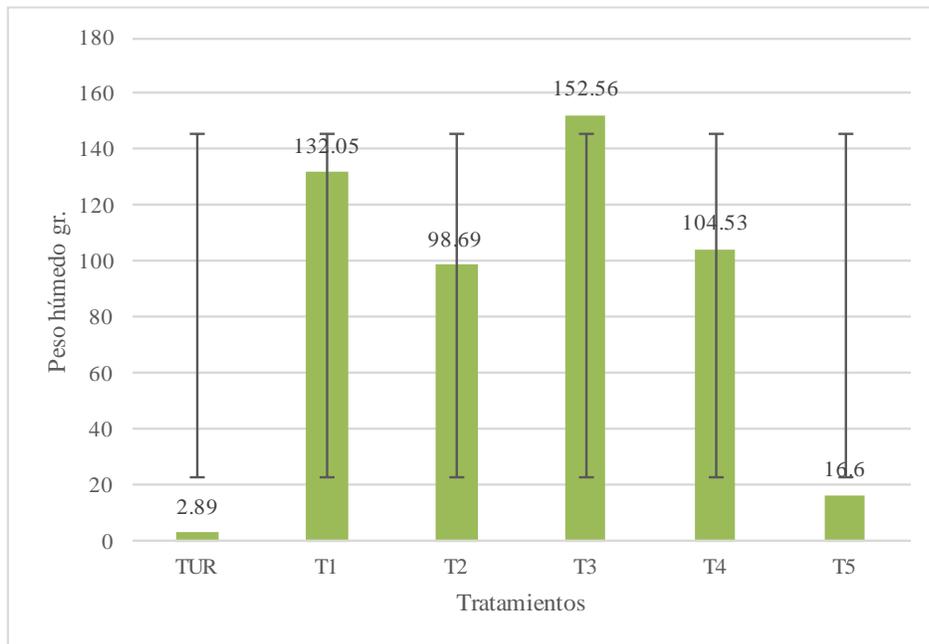


Gráfico 15. Comparación promedio del área foliar de la lechuga entre tratamientos.



Gráfica 16. Comparación entre longitud de la raíz para cada tratamiento de lechuga



Gráfica 17. Pesos húmedos totales de cada tratamiento de lechuga.

El promedio de longitud de la raíz de lechuga (gráfica 16), en el T1 muestra un efecto de crecimiento muy por encima del resto de los tratamientos. Sin embargo, puede observarse que éste crecimiento no tiene relación con el área foliar, presentado en la gráfica anterior, en donde T3 tiene un efecto de crecimiento por encima de T1. También en el caso del peso húmedo total (gráfica 17) se muestra que el efecto del T3 presentó mayor valor que el resto de los tratamientos, que consiste en un mayor crecimiento general de las plantas, ante la presencia de un porcentaje equilibrado de compost (fotografía 10).

La relación entre el crecimiento de la raíz encontrado en el T1 y el área foliar obtenido puede estar relacionado con el tipo de hormonas sintetizadas a partir de la diferencia en los nutrientes y elementos de cada tratamiento. Las hormonas son compuestos orgánicos sintetizados por las plantas, que influyen en el crecimiento y desarrollo relativo de todos los órganos de estas.



Fotografía 9. Crecimiento de lechuga en diferentes sustratos. T3 (izq), T4 (centro) y T5 (der).

6. DISCUSIÓN

El proceso de manejo de los residuos sólidos urbanos está inmerso en múltiples variables, lo cual implica un trabajo minucioso para la planeación dentro de grupos específicos como lo son los tianguis de las ciudades, ya que los elementos sociales, económicos y políticos están sujetos a más variables de las que generalmente se consideran. Es necesario por tanto mantener un enfoque estratégico para solucionar el problema. El enfoque estratégico se define por sus transformaciones (Massoni, 2007), y la necesidad de transformar una situación como la de los residuos, requiere del enfoque holístico. Una estrategia, definida por Mao Tse-Tung (1937), como una ciencia que estudia las leyes de la dirección de operación en una situación específica⁵, requiere de una decisión a partir de la situación concreta, sin perder de vista a los factores de los que ésta depende y al conjunto del que la situación forma parte.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA, por sus siglas en inglés, 2008) señala que la forma más efectiva para la solución de la problemática de los residuos sólidos es la reducción, el aprovechamiento y la separación desde el origen. Cuando los residuos no tienen una separación previa a la disposición final en rellenos sanitarios o tiraderos al aire libre comienzan los problemas ambientales más complejos de solucionar y en especial por los contaminantes (Jaramillo y Zapata, 2008). La separación desde el origen, junto con una intervención gubernamental bien planeada, ha generado varios casos de éxito en todo el mundo (Lee y Paik, 2011; Hong, 2001; Lu *et al.*, 2006; Van den Bergh., 2008; Marans y Lee, 1993; Nasrabadi *et al.*, 2008; Grodzinska-Jurczak *et al.*, 2006). Sin embargo en este estudio identificamos que es necesario tomar en cuenta variables socioeconómicas de la población en

⁵ Mao Tse-Tung hablaba en un contexto bélico, sin embargo, fue uno de los más importantes escritores sobre el concepto de estrategia y sus elementos.

cuestión para lograr los objetivos en cuanto a la separación, procesamiento y reutilización de la fracción orgánica

6.1. DISCUSIÓN EN TORNO A LAS HIPÓTESIS PLANTEADAS

Hipótesis 1: El Tianguis se formó con fines comerciales y económicos, y dentro de sus objetivos no se estipuló un apartado dirigido al manejo de desechos. Actualmente su estructura y funcionamiento no tienen ninguna relación con las actividades correspondientes a la disposición y tratamiento de sus desechos, por lo que este tema se ha vuelto un serio problema a resolver.

La hipótesis se acepta

Según los resultados de esta investigación, el tianguis se podría definir como una organización informal, según lo planteado por Cohen (1980), como los grupos más pequeños cuyas metas y objetivos están menos definidos y su funcionamiento no depende de un sistema rígido de reglas y procedimientos. El tianguis está compuesto por varias organizaciones (sindicatos) y por locatarios independientes que no tiene un sentido de pertenencia hacia ningún grupo y que sólo ocupan un espacio público rentado para la venta itinerante de productos. El 54% de los locatarios entrevistados no veían al grupo como una organización unida, lo que repercute en su funcionamiento.

Los locatarios tienen el objetivo común de comercializar sus productos, pero no cuentan con una estructura establecida y el funcionamiento gira en torno a la venta de los productos. El manejo de residuos no es parte de sus prioridades y la mayoría de los locatarios depositan esta responsabilidad en las autoridades municipales. Además, el 41% de los locatarios entrevistados no eran residentes de la ciudad de Atlixco, lo

que tuvo una influencia directa en su compromiso con las normas locales sobre manejo de residuos.

La investigación bibliográfica nos muestran que sí existe un Reglamento de Mercados y Tianguis dentro del Municipio de Atlixco, cuya última actualización data de 1997, e incluye un apartado que hace referencia a las normas de manejo de residuos, las cuales solo estipulan que los residuos deberán ser depositados en una zona de la vía pública a la cual tenga acceso el Departamento de Limpia Municipal. Sin embargo, no existe ningún apartado que estipule la separación de residuos de forma obligatoria ni tampoco se establece un lugar en particular en donde depositar los residuos.

Hipótesis 2: Las normas oficiales que rigen el manejo de residuos dentro del tianguis no son aplicada por las autoridades y no son parte del conocimiento de los locatarios.

La hipótesis se acepta

Los resultados obtenidos a partir de las encuestas realizadas a los locatarios muestran que el conocimiento de las normas y su cumplimiento tiene relación con otras variables sociodemográficas. En términos generales, del total de locatarios encuestados, el 49.5% afirmaron conocer las normas que rigen el manejo de residuos al interior del tianguis y tan solo el 20.5% afirmaron que las cumplían. Del total de locatarios que afirmaban conocer las normas, el 56.5% eran residentes de la ciudad de Atlixco y el 54.3% tenían educación superior. En cuanto al cumplimiento de las normas (referido en los resultados como comportamiento) del 20.5% que afirmó cumplir con las normas de residuos para el tianguis, 62% eran residentes de la ciudad y el 56% contaban con educación superior.

Estos datos se complementan con el alto porcentaje de locatarios que saben que los residuos deben de ser separados (77.4%) y la poca cantidad de gente que los separa (35.6%).

En cuanto a las autoridades responsables del manejo de residuos, se encontró que los funcionarios con puestos directivos tienen el conocimiento de las normas, sin embargo los trabajadores encargados del manejo directo de los residuos ignoran dichas normas y se limitan a recolectar los residuos, enfocándose en utilizar el menor tiempo posible en la tarea.

Hipótesis 3: Actualmente el manejo de residuos está condicionado por una actitud de indiferencia y desinterés por parte de los locatarios, que surge de una cultura individualista la cual no vislumbra las consecuencias aparejadas del tirar los residuos en la vía pública.

La hipótesis se acepta

Los resultados obtenidos en la investigación permiten afirmar que el primer paso para la solución del conflicto del manejo de residuos es el trabajo social del grupo al que se quiera referir, poniendo el nivel individual como un factor clave de abordar y utilizando el nivel grupal u organizacional como medio de acercamiento al individuo.

El estudio de la relación entre actitud, comportamiento y locus de control con variables sociodemográficas es de gran utilidad para la descripción y predicción sobre el manejo de residuos, siempre que se logren establecer variables significativas en el proceso. El comportamiento se determina por una intención inicial a conducirse de cierta forma, normalmente medida como un deseo expreso o voluntad de realizar cierta acción, determinado por la actitud y por las normas sociales. La actitud está compuesta por las consecuencias anticipadas de una acción y la evaluación de esas consecuencias.

Las normas sociales se refieren a las normas morales subjetivas, dadas por el entorno en el que se desenvuelve un individuo y por las normas legales y políticas que rigen a la sociedad a la que pertenece (Hellriegel y Slocum, 2009; Stahlberg y Frey, 1991; Fishbein y Ajzen, 1975). Pero como lo han reportado Oluyinka (2011); Al-Khatib *et al.* (2009); Arafat *et al.* (2007); Barr y Gilg (2005) y Kok y Siero (1985), la conducta de un grupo social específico no solo está dada por la actitud y las normas sociales, sino también por las variables sociodemográficas que determinan las características cotidianas del individuo. Los resultados de esta investigación muestran congruencia con dicha afirmación, al encontrar relaciones importantes entre conducta, actitud y locus de control con las variables sociodemográficas, nivel de escolaridad y lugar de procedencia.

La actitud y la conducta de los locatarios del tianguis de Atlixco no muestran coherencia entre sí, ya que se identificó una actitud positiva ante la problemática de residuos que existe en el tianguis, pero esta no se refleja en la conducta, lo que resulta en un desempeño pobre en el manejo de residuos. Esta diferencia entre actitud y conducta ya había sido descrita por varios autores (Refsgaard y Magnussen, 2009; Corral-Verdugo, 1996; Schultz y Oskamp, 1996; Nyamwange 1996), que relacionan esta diferencia con el nivel de esfuerzo que representara cualquier actividad, es decir, que un individuo puede tener una actitud favorable, pero el comportamiento se ve limitado dado que las acciones congruentes con dicha actitud requerirían un esfuerzo mayor al que el individuo esté dispuesto a ejecutar. También se puede explicar, en relación a lo reportado por otros estudios (Ojedokun y Balogun, 2011, McGowan, 2005. Wicker, 1969), con la influencia que tienen otras variables sobre la conducta, como en este caso el lugar de procedencia, y con el corto tiempo que el tema del manejo de residuos se ha expresado al interior del grupo de locatarios. Se encontró además que el nivel de escolaridad y el lugar de procedencia de los locatarios sí tienen una influencia directa sobre la actitud, conducta y locus de control de estos.

En la relación entre el nivel educativo, la actitud y la conducta de los locatarios hacia el manejo de residuos se encontraron datos contrarios a lo esperado en el caso de la separación de los residuos. La actitud y el nivel de escolaridad están relacionados de forma directa, ya que a mayor nivel educativo se encontró una actitud más positiva, lo que concuerdan con otras investigaciones (Ebreo y Vining, 2000) donde se afirma que un sistema educativo, junto con las condiciones adecuadas para reciclar, permite mejorar la actitud de la población hacia el manejo adecuado de residuos. Sin embargo, la relación encontrada con el nivel educativo de los locatarios y la conducta fue opuesta. Se encontró que a mayor nivel educativo había una conducta menos positiva en cuanto a la separación de residuos. En un inicio se esperaba ver que tanto actitud como conducta se verían afectadas positivamente por un mayor nivel educativo, sobre todo al considerar que el nivel educativo influye de forma positiva en el locus de control de los locatarios, siendo los de educación superior los que presentaron una mayor interiorización de la responsabilidad en cuanto al manejo de residuos. Algunos autores han escrito sobre el papel de los programas educativos en el desarrollo y fortalecimiento de la actitud y la conducta. Proponentes de campañas educativas sostienen que los programas educativos con visión ambiental aumentan el conocimiento y la sensibilización de los participantes y que la información conduce a actitudes más positivas. Sin embargo, otros estudios sobre programas educativos han dado resultados distintos. Goldenhar y Connell (1991-1992), no pudieron demostrar que una intervención educativa (en forma de carteles relacionados con el reciclaje) daría lugar a un aumento en el conocimiento sobre el reciclaje o en favorecer la forma en la que la gente ve el reciclaje. Otros estudios (Burn y Oskamp 1986) que han analizado el papel de los materiales educativo por sí solos y en combinación con estrategias de comportamiento, han demostrado que la retroalimentación puede ser más eficaz que la provisión de material educativo por sí solo en el fomento comportamiento de reciclaje.

Otra forma de explicar esta contradicción puede ser a través de la influencia que tienen otras variables dentro de la conducta y con el concepto de “habitus” que propone Bourdieu (1975), el cual plantea que la educación (ambiental en este caso) que los individuos pudieron haber recibido probablemente está en contraste con la educación y formación familiar y cultural que ha estructurado su conducta. Este concepto no fue incluido como parte del análisis inicial de esta investigación, pero, al ver estos resultados, surge como posible respuesta.

En México, la inclusión de la educación ambiental al sistema educativo es un tema reciente, y aún no se ha incursionado lo suficiente en él. Es probable que esta educación ambiental no haya permeado en el individuo, de tal forma que aún no se ha logrado una interiorización que sirva de influencia en la conducta. El hecho de que los locatarios hayan mostrado una actitud positiva ante el manejo de residuos nos indica que la problemática ya ha sido analizada en varias ocasiones, tal vez por los medios de comunicación, el sistema educativo u otros medios. Sin embargo, la conducta sigue estando restringida por otras variables como el nivel de pertenencia al lugar e identificación de beneficios individuales directos, como en el caso de la separación de residuos: los locatarios con educación básica tuvieron una conducta positiva ante la separación de residuos en comparación a los de educación superior, lo cual puede ser explicado por la relación con el lugar de procedencia. La mayoría de los locatarios con educación básica provienen de zonas rurales, mayoritariamente agrícolas, en donde el uso de los recursos y el concepto de residuo son distintos a los que se tiene en una zona urbana como la ciudad de Atlixco.

Se propone, para este caso específico, reforzar la información sobre las consecuencias del mal manejo de residuos a la comunidad e individuos, así como exponer las ventajas del manejo adecuado de dichos materiales. El beneficio directo individual puede lograr en un grupo tan fragmentado como este un trabajo grupal y que

de esta forma se haga inminente el trabajo grupal como catalizador de dichas ventajas. La actitud y el comportamiento son determinantes en el éxito de las estrategias gubernamentales en materia de residuos ya que junto con el locus de control, se reconocen como los mejores factores predictivos del comportamiento ambiental. Permiten formular estrategias de cambio sobre el manejo de los residuos desde los actores involucrados (Lee y Paik, 2011; Dietz *et al.*, 1998; Hewstone *et al.*, 1996; Marans y Lee, 1993; Weigel, 1985; Wicker, 1969; LaPiere, 1934).

Hipótesis 4: Considerando el tipo y cantidad de residuos que se generan a causa de las actividades del tianguis, el proceso de compostaje al aire libre con un nivel bajo de mecanización es el adecuado para su aprovechamiento en forma de abono orgánico.

Esta hipótesis se acepta parcialmente. Hay factores a considerar.

Para realizar un proceso de compostaje con estas características es importante contar con un proceso de separación desde el origen que permita obtener los residuos orgánicos sin contaminantes. De lo contrario la calidad del compost obtenido será poco satisfactoria.

Los resultados obtenidos de la fase técnica del estudio permitieron explorar el procesamiento de la fracción orgánica a través del compostaje a nivel municipal y el potencial de uso del abono obtenido de este proceso. Aunque, existen muchas variantes en el proceso de compostaje, a nivel municipal una de las formas más recomendadas de tratar estos residuos, es a través del proceso de compostaje al aire libre (INE, 2007), ya que no se requiere de una maquinaria sofisticada o de una infraestructura muy elaborada.

En este proceso se obtiene un producto cuya calidad depende del seguimiento de los factores más importantes (humedad, aireación, temperatura y pH) (Trejo, 1994).

En el diseño de una Planta de Compostaje Municipal es necesario tener en cuenta la calidad estandarizada de producto, un proceso vigilado, constantes ingresos de residuos y punto establecidos de distribución del abono obtenido, ya que, de lo contrario la planta tendrá menos beneficios de los esperados. Un sistema de compostaje no se refiere únicamente al proceso químico-biológico por el cual se descompone la materia, sino a un conjunto de operaciones diferentes que juntas producen compost a partir de materia prima. Este sistema también incluye una infraestructura asociada como edificaciones, equipo y servicios. Este sistema de compostaje incluye: la recepción e inspección de la materia prima, clasificación y separación, almacenamiento de la materia prima, la trituración o reducción de tamaño, maduración, almacenamiento del producto y venta o distribución del producto final (embolsado y envío) (Rynk, 2004). La falta de esta infraestructura puede provocar fallas importantes en el proceso biológico y comprometer la calidad del producto final.

La Prueba Piloto de Compostaje realizada en este estudio tuvo resultados favorables para los objetivos específicos de la investigación, y fungió como un ensayo del proceso de compostaje a gran escala. Sin embargo, las condiciones en las que se realizó el estudio no eran las ideales, y esto comprometió la calidad del abono obtenido al final del proceso. A pesar de esto, según la literatura consultada en el marco teórico, se obtuvieron cantidades importantes de compost con calidad suficiente para ser utilizada a nivel agrícola a concentraciones bajas y medias, dependiendo del tipo de cultivo, y representó una alternativa al procesamiento tradicional del manejo de residuos municipales. El obstáculo principal en el proceso de gestión integral de residuos fue la gestión política.

Sobre las pruebas elaboradas de calidad de compost obtenido a partir de la Prueba Piloto de Compostaje se puede decir que los resultados obtenidos son consecuentes con estudios relacionados donde se evaluaron distintos tipos de compost, según la composición de material orgánico procesado. Los casos con mayor relación al presente estudio son los elaborados por Stoffella *et al.* (1996), donde se evaluaron los efectos del compost de RSU sobre la calidad de fruto de naranjo (*Citrus sinensis*). Se observó que los nutrientes esenciales para la planta (C, N, K y Fe principalmente) se encontraron disponibles en mayor proporción dentro de las parcelas donde se aplicó el compost e incluso se obtuvieron en dichas parcelas un mayor número de frutos. El tamaño y composición de los mismos no varió entre tratamientos, caso distinto a los resultados obtenidos en este experimento, ya que las características vegetativas sí tuvieron diferencias tanto en rábano como en lechuga, dependiendo el porcentaje de compost agregado. Los resultados obtenidos fueron distintos según la especie hortícola, ya que dependiendo de las diferentes características vegetativas (hojas, bulbos, flor o fruto) son las necesidades nutricionales que el compost puede cubrir.

En cuanto a los porcentajes de compost para la producción de cultivos, en estudios similares (Sainz *et al.* 1998), donde se utilizó composta y vermicomposta de RSU sobre suelo en diferentes porcentajes, se encontró que los mejores porcentajes para la producción de trébol violeta (*Trifolium pratensis* L.) y pepino (*Cucumis sativus* L.) eran de 10% a 50%. A esos mismos porcentajes también se reportó un aumento en las concentraciones de P, Ca y Mg disponible para las plantas, aunque redujo la actividad de los hongos de las micorrizas arbusculares del suelo. La respuesta de crecimiento de las plantas con porcentajes mayores al 75% de compost, tanto en lechuga como en rábano, puede ser porque cierto compost puede provocar deficiencias de micronutrientes, aun después de estar madurados durante varias semanas (Baca *et al.*, 1995; Ozores-Hampton *et al.*, 1997).

La disponibilidad de los nutrientes es uno de los factores claves para obtener plantas con mayor o menor desarrollo. En el caso del P, luego de la mineralización de la materia orgánica, este puede ser retenido en el suelo en forma más o menos reversible, similar a la reacción del P que proviene de fertilizantes industriales o del P mineral disponible en el suelo (Bertsch, 1998; Henríquez y Cabalceta, 1999). Cuando el P es adsorbido por las sustancias húmicas, se reconocen 2 fracciones de gran importancia para las plantas: 1) el P adsorbido por reacciones que lo mantienen en equilibrio con la concentración de P en la solución del suelo, y 2) el P precipitado, el cual está formado por compuestos relativamente insolubles que hacen que su transferencia hacia la solución del suelo sea baja. La mayoría de los compost de los residuos sólidos urbanos en Estados Unidos y Europa tienen concentraciones de P de 2 a 6 kg⁻¹, concentración de 2 a 10 veces mayor que el total de P en el suelo agrícola (Tisdale y Nelson, 1996). El K por otro lado, ha sido un elemento que tradicionalmente se ha caracterizado por su poca afinidad a los componentes orgánicos, a pesar de que algunos abonos orgánicos contienen cantidades apreciables de este elemento (Durán y Henríquez, 2007). Las concentraciones de K de los compost varían de 0.7 a 12 g kg⁻¹ (Zhenli He *et al.*, 2005). En cuanto al Ca, normalmente se encuentra en concentraciones de entre 21 a 75 g kg. Las formas y disponibilidad de Ca dependen del origen de los residuos, La mayoría de los suelos neutros o alcalinos contienen suficiente Ca disponible para el crecimiento de las plantas. Una deficiencia de Ca normalmente trae problemas en el crecimiento de los cultivos (Zhenli He *et al.*, 2005). La composta obtenida en esta investigación tuvo concentraciones de P y K por debajo de lo deseado, pero tuvo una buena relación entre Ca y Mg. Del mismo modo, la relación C/N fue menor de lo esperado. De acuerdo con Ortega (1978) el nitrógeno es esencial como nutrimento vegetal, siendo la fracción orgánica la fuente principal de material necesario en el proceso del ciclo del nitrógeno y de la energía para las transformaciones microbianas que allí se hallan. La fracción orgánica intercede en la

interacción que originan las relaciones de transformación del nitrógeno y las cantidades de carbono presente, conocido como relación C/N.

La obtención de concentraciones de nutrientes no idóneos pueden ser resultado de las condiciones bajo las que se realizó el proceso de compostaje. Principalmente la separación desde el origen de los residuos, la cual, por ser una prueba piloto, no se realizaba adecuadamente, dejando llegar a las pilas de compostaje materiales como vidrios, aceites y medicamentos que pudieron afectar la composición química del compost. Para evitar este tipo de contaminación es importante hacer una preselección de residuos antes de comenzar con el proceso de compostaje

En cuanto a los resultados obtenidos por las pruebas de fitotoxicidad del abono, se puede decir que fueron satisfactorios. Los efectos fitotóxicos de un material orgánico inmaduro se deben a diversos factores, entre los cuales destacan los contenidos de amonio, de ácidos volátiles orgánicos, de metales pesados y de sales (Varnero, 2007). Estas sustancias, en elevadas concentraciones, pueden generar efectos perjudiciales en el desarrollo de las plantas, inhibiendo la germinación de semillas o el crecimiento de raíces por lo que es altamente riesgosa su utilización en cultivos. La determinación de las sustancias tóxicas en forma independiente encarece los análisis, lo que ha incentivado el uso de los bioensayos con semillas sensibles a fitotóxicos (Emino y Warman, 2004), para evaluar los efectos sinérgicos de estas sustancias sobre la germinación y el crecimiento de las plantas. Las especies más utilizadas en los bioensayos son el rábano (*Rhapanus sativus L.*) y la lechuga (*Lactuca sativa L.*), por su sensibilidad fisiológica a ciertos compuestos tóxicos, y su corto ciclo de crecimiento. A partir de esta información, se reportan resultados útiles en la evaluación de la calidad del compost, identificando que no era tóxica para dichas especies vegetales. Los resultados de las pruebas de fitotoxicidad en el compost dan los elementos suficientes para poder afirmar que, aunque la calidad de la composta no fue la ideal, dados los

problemas técnicos suscitados al momento del proceso, la composta elaborada en este estudio puede ser utilizada en las prácticas agrícolas regionales a concentraciones menores de 50%, ya que aporta nutrientes al sustrato utilizado y permite tener una alternativa moderada al saqueo ilegal de tierra de monte de zonas naturales protegidas.

Por otro lado, el mercado de la composta en México aún no se ha desarrollado de forma adecuada, ya que, al ser en su mayoría la misma entidad la que produce el abono y la que lo consume, no existe intercambio comercial, ni un flujo económico que permita hacer de las prácticas de compostaje algo rentable, así que, en su mayoría es considerado un gasto administrativo, más que una alternativa al manejo de residuos (INE, 2007). Si se lograra vincular la producción de abono por parte del municipio con la agricultura y floricultura de la región, el éxito de la Planta de Compostaje y, por tanto, del programa de MIRS, tendría mayores posibilidades. Para lograr esto se requieren estudios que se adentren más en la relación que pueda haber entre el uso del abono como sustrato para los cultivos de mayor interés en la zona y su productividad o beneficios económicos.

En la mayoría de las ciudades, la forma más rápida de reducir los volúmenes de residuos sería reduciendo la actividad económica de consumo de materiales, lo cual no es una opción atractiva. En países como México, catalogados por el Banco Mundial como países de ingresos medios (MI), el costo del proceso de colecta de los residuos representa de 50% a 80% del presupuesto Municipal para manejo de residuos. Además, en comparación con los países de mayores ingresos, los países como México suelen tener cantidades grandes de proyectos de Plantas Municipales de Compostaje, pero la mayoría sin éxito, debido a los costos derivados de la operación y separación de los residuos desde el origen –ya que no existe una cultura de la separación-. Algunos proyectos de compostaje a pequeña escala se consideran más sostenibles, o

incluso los operados por empresas privadas (Sundh *et al.*, 2002; Hoornweg y Bhada-Tata, 2012).

La agricultura mexicana necesita de estrategias nuevas de producción y comercialización que permitan resolver el severo problema de suelo. Salinización, falta de nutrientes, compactación, pérdida de horizontes y falta de agua, son algunos de los conflictos con los que se enfrentan los agricultores nacionales. En la región de Atlixco, el 60% de los suelos agrícola se encuentran salinizados por el uso excesivo de fertilizantes químicos. El uso de la tierra de hoja en las zonas agrícolas del valle de Atlixco, es extraída, de forma clandestina, de la zona boscosa a las faldas de los volcanes Popocatepetl e Iztaccíhuatl, zona declarada como Parque Nacional Protegido desde 1935, dada sus características biogeográficas. El compost en los suelos agrícolas erosionados, permite la restauración de los horizontes y la reincorporación de nutrientes disponibles para las plantas, gracias al gran contenido de microorganismos benéficos y por su capacidad de retención de agua (Dalzell, 1991). La composta obtenida durante esta investigación, a pesar de los problemas en el procesamiento, demostró tener las características suficientes para ayudar a restaurar los suelos empobrecidos de la región de Atlixco, evitando las prácticas de saqueo de suelo del monte extraída de la zona volcánica.

Dando seguimiento a la planta piloto de compostaje al final de esta investigación se encontró que, dado el cambio de administración municipal, la planta de compostaje fue abandonada, y las toneladas de composta ya generada como parte de este trabajo fueron utilizadas como material de cobertura para el relleno sanitario. Actualmente se tiene planes de concesionar el relleno sanitario de Atlixco y pasarle la responsabilidad total de los residuos a una empresa privada. Por otro lado, el proceso de separación de residuos también fue abandonado, ya que nunca se logró que los locatarios volvieran esta práctica como un proceso habitual de sus labores.

7. CONCLUSIONES

México tiene pocos ejemplos de investigaciones exitosas en materia de desechos, separación de residuos desde el origen o aprovechamiento de los residuos, a pesar de ser un país con más de 41 millones de toneladas de residuos al año. Actualmente no existen suficientes investigaciones que permitan entender las causas sociales que impiden una adecuada separación de residuos, así como las posibilidades prácticas del procesamiento y uso de la fracción orgánica de dichos residuos. Dado el grave problema de residuos que se tiene en el país, es indispensable promover e impulsar más estudios sobre manejo de residuos a este nivel, que abarquen el problema desde una visión holística. Esta investigación buscó aportar elementos básicos para cualquier tomador de decisiones al momento de planear una estrategia en materia de residuos orgánicos generados en tianguis o mercados de México.

El primer elemento para una estrategia integral de manejo de residuos sólidos orgánicos es la elaboración de un diagnóstico inicial, que nos permita observar lo que sucede a nivel social, político y técnico con los residuos. En éste se debe identificar a los actores involucrados, sus formas de organizarse (organización formal o informal, su estructura y funcionamiento), y la forma en la que se manejan los residuos. Se debe considerar un estudio sobre la actitud y la conducta de los individuos, así como la identificación de los intereses individuales en el diagnóstico, para guiar estos intereses hacia la construcción de la acción colectiva. Como se vio en este estudio, la conducta de los locatarios ante el manejo de residuos no está determinada solamente por la actitud, sino que está relacionada con el nivel de educación, el lugar de procedencia y el nivel de interiorización de la problemática.

Los locatarios del tianguis, en su mayoría, mostraron una actitud positiva ante el manejo de residuos, lo cual implica un entendimiento del problema. Sin embargo, el

porcentaje de locatarios con conducta positiva fue mucho menor: hay poca acción de separación de residuos y de cumplimiento de las normas relacionadas a éstos. Esto puede explicarse a través del papel que juega la educación familiar y cultural de los individuos en su forma de actuar, así como el nivel de esfuerzo que representa una conducta positiva ante los residuos, relacionado directamente con la identificación de beneficios propios. En el caso de los locatarios del tianguis de Atlixco se puede afirmar que no identifican el problema de residuos como propio, ya las autoridades deben hacerse responsables y por tanto tampoco identifican ningún beneficio ante la separación de los residuos.

Es importante reflexionar sobre investigaciones posteriores que puedan aportar mayor información que ayude a entender más a fondo las dinámicas de grupos tan heterogéneos como los locatarios de un tianguis, en relación al manejo de residuos.

Otro factor a incluir en el diagnóstico es la revisión de la situación normativa y gubernamental que rodea al tianguis y a su manejo de residuos. Esto implica identificar a las autoridades relacionadas con el manejo de residuos y con el funcionamiento del tianguis, así como las autoridades involucradas en la producción agrícola local, para poder reincorporar el producto final a la cadena productiva. En el caso de Atlixco, se identificó que había normas de residuos incluidas en el Reglamento de Tianguis y Mercados, pero eran poco específicas y no incluían una separación. Un marco normativo que ayude en este proceso debe obligar a los locatarios a separar los residuos y a depositarlos en los lugares adecuados y debe estar respaldado por las autoridades competentes que ayuden a su constante cumplimiento. De lo contrario las siguientes fases del proceso de gestión de residuos (recolección, procesamiento y uso del producto final) se verán afectados.

La fase de la separación de los residuos es uno de los pilares principales de la estrategia, en la que se requiere de la participación de la sociedad y de las autoridades. Gran parte del ingreso generado para los trabajadores del Departamento de Limpia y para el relleno sanitario del municipio está en función de la cantidad de reciclables que puedan vender. Al no tener un programa de separación de residuos adecuado, existe una pérdida considerable de materiales reciclables, que se traduce en pérdida económica. Además, los locatarios tiran grandes cantidades de materia orgánica que podría ser procesada y aprovechada en la producción de hortalizas, incluido los propios jardines de la ciudad.

Para que se logre una separación de residuos adecuada es necesario contar con un marco normativo y un trabajo de educación a la población, planeado a largo plazo. El éxito en esta fase está relacionada con la capacidad de cada individuo para interiorizar esta acción como parte inherente a sus actividades diarias. En el caso de Atlixco las autoridades han tomado la responsabilidad en su totalidad, deslindando a los locatarios de sus deberes, lo cual no ha permitido que los locatarios vean el problema como propio o que identifiquen los beneficios de la separación de residuos. Es indispensable comenzar un trabajo de concientización a la población para lograr que exista una separación exitosa de los residuos.

La educación ambiental impartida en instituciones educativas y como parte de cualquier estrategia gubernamental de difusión de la información, es un proceso cuyos resultados se ven a largo plazo. En México, a nivel municipal no es posible contar con más de 3 años de administración pública, por lo que es necesario que estos planes de educación se establezcan como planes trascendentes a la administración trianual. Esto se puede hacer a través de convenios con el gobierno federal y con participación de instituciones de educación pública y privada.

Una vez implementado un plan de separación de residuos, se debe identificar la mejor forma de procesar la fracción orgánica, según las condiciones municipales. En esta investigación se demostró que el compostaje en pilas, al aire libre, semimecanizado sí es una opción adecuada para procesar la fracción orgánica de los residuos a nivel municipal, dada la poca inversión que requiere. Sin embargo, es claro que el proceso químico-biológico no puede realizarse de forma satisfactoria sin una infraestructura asociada que lo facilite. Para poder poner en marcha una planta de compostaje municipal, que se dedique a procesar los residuos tanto de mercados como de producción doméstica es fundamental tener un plan a largo plazo (de más de 5 años) que incluya: recepción e inspección del material orgánico, adicional a la separación desde el origen, maquinaria para triturar o reducir el tamaño de los residuos (esto ayudará a disminuir el tiempo de compostaje), maquinaria disponible para el constante movimiento de las pilas, agua disponible y de fácil acceso para mantener la humedad de las pilas en porcentajes ideales, instrumentos adecuados para la medición de temperatura constante (necesario para tener un producto inocuo), si se encuentra en un lugar de temperatura ambiente baja será necesario contar con plásticos para cubrir las pilas y guardar el calor, maquinaria para tamizar el producto y eliminar los materiales que no sean procesables y mantener un tamaño de partícula pequeño para su uso final y por último, un plan de distribución para el producto obtenido (venta o donación gratuita) que incluya el embolsado y el transporte del abono. Además, será imprescindible que el personal encargado del proceso esté capacitado en el mantenimiento del proceso y en la prevención y tratamiento de plagas. Sin estas condiciones básicas, la calidad del compost se puede ver comprometida e incluso volverse inservible o tóxico.

La experiencia que se tuvo en esta investigación muestra que, a pesar de haber logrado el procesamiento de una importante cantidad de residuos orgánicos a través del compostaje al aire libre, la calidad del compost obtenido no fue la deseada. Esto

se debió a una separación de residuos deficiente, un proceso químico-biológico poco controlado (sobre todo en la humedad y mantenimiento de la temperatura elevada constante durante cierto periodo de tiempo) y al poco apoyo obtenido por parte de las autoridades municipales. A pesar de esto, los resultados de las pruebas fitotóxicas y de crecimiento hortícola demostraron que el compost obtenido no resultó tóxico y puede ser utilizado a concentraciones medias y bajas (menor al 50%).

Como parte de la estrategia de manejo de residuos, la planeación en cuanto a la gestión y seguimiento a nivel político, es uno de los puntos más importantes de cubrir. Cualquier plan de manejo de residuos que cuente con todas las características antes mencionadas, se verá frustrado si no es posible darle un seguimiento de más de 5 años. Por lo tanto, limitar los planes de manejo de residuos al tiempo que tiene la gestión municipal no es adecuado, ya que generalmente solo tienen 3 años de gobierno. Se propone que cualquier estrategia de este tipo pueda llevarse a cabo bajo un convenio con el gobierno federal o incluso proponer una reforma a las leyes que ayuden a que el manejo de residuos y su gestión no quede a cargo de los gobiernos municipales, sino que se vuelva una obligación conjunta para los 3 niveles de gobierno, permitiendo planes a largo plazo. La idea de privatizar los residuos tampoco se considera como adecuada, ya que el gobierno puede generar empleos y recursos a través de los residuos y sin poner a la población en manos de particulares, que probablemente buscarán un beneficio propio, más que el bienestar social.

Es posible plantear esta estrategia con miras a ser un ingreso económico municipal y estatal, siempre y cuando se planeé a largo plazo y entendiendo que más que ganancias directas monetarias, lo que se obtenga de este proceso serán menos gastos en mantenimiento de relleno sanitario, mayor ingreso de reciclables y mayor producción agrícola con menor impacto edafológico y ecológico al eliminar el uso de fertilizantes químicos y tierra de hoja de zonas naturales protegidas.

8. REFERENCIAS

- Abercrombie, N., Hill, S., Turner, B.S. (2006). *The Penguin Dictionary of Sociology* fifth ed. Penguin Books, London 234 págs.
- Acurio, G., Rossin A., P. F. Teixeira y Zepeda F. (1998). Diagnóstico de la situación de manejo de residuos en América Latina y el Caribe. Publicación conjunta del Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. 175 págs.
- Ajzen, I., Fishbein, M., (2005). The influence of attitudes on behaviour. In: Albarracín, D., Johnson, B.T. Zanna, M.P. (Eds). *The Handbook of Attitudes*. Erlbaum, Mahwah, NJ, pp. 173–221.
- Alarcón, S. (2008). “El tianguis global”. Universidad Iberoamericana, Publicaciones destacadas de Posgrado. México. Pp. 150-158.
- Alcántar G. y Trejo-Téllez, L. (Coord.). (2009). *Nutrición de cultivos*. Mundi Prensa México, Colegio de Postgraduados. México. Págs. 451
- Al-Khatib, I. A., Arafat, H. A., Daoud, R., Shwahneh, H., (2009). Enhanced solid waste management by understanding the effects of gender, income, marital status, and religious convictions on attitudes and practices related to street littering in Nablus–Palestinian Territory. *Waste Manage.* 29, 449–455.
- Álvarez Solís, José D.; Ferrera Cerrato, Ronald; Etchevers Barra, Jorge D. (2000). Actividad microbiana en tepetate con incorporación de residuos orgánicos *Agrociencia*, vol. 34, núm. 5, septiembre-octubre, pp. 523-532 Colegio de Postgraduados Texcoco, México.
- Alba, M. F. (1995). *Introducción a la Teoría General de Sistemas y al Análisis de Sistemas de Información*. Manizales: Universidad Autónoma de Manizales.

- Arafat, H., Al-Khatib, I., Daoud, R., Shwahneh, H., (2007). Influence of socio-economic factors on street litter generation in the Middle East: effects of education level, age, and type of residence. *Waste Manage. Res.* 25 (4), 363–370.
- Armijo de Vega, C. A. Puma Chávez y Ojeda, B. S. (2011). “La evolución en la percepción de la basura del 2005 al 2011, en la ciudad de Ensenada, Baja California, México” En: *Hacia la sustentabilidad: los residuos sólidos como fuente de energía y materia prima*. EDITORIAL. PAIS. PP
- Baca, M. T., Delgado, I. C., Denobili, M., Esteban, E., & Sanchez- Raya, A. J. (1995). Influence of compost maturity on nutrient status of sunflower. *Communications in Soil Science & Plant Analysis*, 26(1-2), 169-181.
- Barr, S. y Gilg A. (2005). Conceptualizing and analyzing household attitudes and actions to a growing environmental problem. Development and application of a framework to guide local waste policy. *Applied Geography* 25 (2005) 226–247. www.elsevier.com/locate/apgeog.
- Berglund, C., Matti S. 2006. “Citizen and consumer: the dual role of individuals in environmental policy”. Lulea University of Technology. Sharp Research Programs, Working paper 6.
- Bertalanffy, Ludwig von. (1964). Basic concepts in quantitative biology of metabolism. *Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchungen*, Volume 9, Issue 1-4 , pp 5-37.
- Bertalanffy, Ludwig von. (1982). *Perspectivas en la teoría general de sistemas: estudios científico-filosóficos*. Alianza Universidad. Madrid.
- Bertsch, F. (1998). *La fertilidad de los suelos y su manejo*. ACCS, Costa Rica. p. 157.
- Bhardwaj, K. K. R. (1995). Improvement in microbial compost technology: a special reference to microbiology of composting. p. 115-135. En: Khawna and Mohan (eds.) *Wealth from waste*. Tata Energy Research Institute, New Delhi, India.

- Blau, Peter M., and W. Richard Scott (1962) *Formal Organizations*. San Francisco: Chandler.
- Bourdieu, P. (1975). *Le couturier et sa griffe. Contribution à une théorie de la magie*», *Actes de la recherche en sciences sociales*, núm. 1. Pp. 7-36.
- Boswell, F., J. Meisinger y N. Case. (1985). Production, marketing, and use of nitrogen fertilizers. In O.P Engelstad (Ed.). *Fertilizer technology and use*. 3rd. Edition. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, EEUU.
- Burn, S. M., and S. Oskamp. 1986. Increasing community recycling with persuasive communication and public commitment. *Journal of Applied Social Psychology* 16:24–41.
- Caso, A. (1981). “La política indigenista en México: métodos y resultados”. Instituto Nacional Indigenista y Secretaría de Educación Pública. México. Pp. 78, 79.
- Cásseres, E. (1980). *Producción de Hortalizas*. 3ra Edición. Editorial IICA. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Serie Libros y Materiales Educativos No. 42, Costa Rica. p. 46-59, 112-128.
- Chaney, R. L. y D. P. Oliver. (1996). Sources, potential adverse effects of and remediation of agricultural soil contaminants. P 323-327. En: Naidu R., R. S. Kookana, D. P. Oliver, S. Rogers y M. J. McLaughlin (eds.). “Contaminants and the Soil Environment in the Australasia-Pacific Region.” Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands pag 87-92.
- Cohen, B. (1980). “Introducción a la sociología”. McGraw-Hill. México 435 págs.
- Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos. 2015. *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)*. Diario Oficial. Disponible en línea en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_220515.pdf
- Coromines, J. (1980). “Diccionario crítico etimológico de la lengua castellana”. Editorial GREDOS. Madrid.

- Corral-Verdugo, V. (1996). A structural model of reuse and recycling in Mexico. *Environment and Behavior*, 28(5), 665-696.
- del Val, A. (2004). Tratamiento de los residuos sólidos urbanos. *Cuadernos de investigación urbanística*, (41), 19-48.
- Criner, G. K., T.G. Allen y Schatzer R. J. (2001). Economía del compost: producción y utilización en la agricultura. p. 241-260. En: Stiffella P. J. Y Kahn B. A. (Ed.) 2005. *Utilización del compost en los sistemas de cultivo hortícola*. Segunda Edición. Mundi Prensa Ediciones, México.
- Cruz, Venegas Y. (2009). "Evaluación de la calidad de composta elaborada con residuos sólidos orgánicos de origen urbano". Tesis para obtener el grado de Especialización en Biotecnología. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, México.
- Dalzell, H. W. y A. J. Biddlestone (1991). Manejo del suelo: producción y usos del compost en ambientes tropicales y sub tropicales. *Boletín de suelos de la FAO* 56. Servicio de Recursos manejo y Conservación de Suelos. Dirección de fomento de tierras y agua. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.
- Dietz, T., Stern, P.C., Guagnano, G.A., (1998). Social structural and social psychological bases of environmental concern. *Environ. Behav.* 30, 450–471
- Dunlap, R., Liere, K. V., Mertig, A., & Jones, R. E. (2000). Measuring endorsement of the new ecological paradigm: A revised NEP scale. *Journal of social issues*, 56(3), 425-442.
- Ebreo, A., Vining, J. (2000). Motives as predictors of the public's attitudes toward solid waste issues. *Environmental Management* 25 (2), 153-168.
- Emino, E., Warman, P. (2004). Biological assay for compost quality. En: *Compost Science & Utilization* 12(4): 342-348.
- Fishbein, M., y Ajzen, I. 1975. *Belief, attitude, intention and behavior: an introduction to theory and research*. Reading, MA: Addison-Wesley.

- García, R. (2006). *Sistemas complejos: Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Gedisa Ed. Serie Cla-De-Ma, Filosofía de la Ciencia. España, Págs. 202.
- Gigch, John P. Van. (1987). *Teoría General de Sistemas*. México: Editorial Trillas,
- Grodzinska-Jurczak M, P. Tomal, M. Tarabuła-Fiertak , K. Nieszporek, A.D. Read. (2006). Effects of an educational campaign on public environmental attitudes and behaviour in Poland. *Resources, Conservation and Recycling* 46, 182–19
- Goldenhar, L. M., and C. M. Connell. 1991–1992. Effects of educational and feedback interventions on recycling knowl- edge, attitudes, beliefs, and behaviors. *Journal of Environmen- tal Systems* 21:321–333
- Golueke C. G. (1989). Putting principles into successful practice. p. 106-110. En: *The staff of Biocycle (eds.) The Biocycle Guide to Yard Waste Composting*. The JP Press Inc., Emmaus, Pennsylvania.
- Grosso, J. C. (1989). El tianguis de Tepeaca a finales del siglo XVIII”. *Lecturas Históricas de Puebla*. Gobierno del Estado de Puebla. Secretaría de Cultura. Pp. 20
- Gutiérrez Avedoy V. J. (Coord). (2006). *Diagnóstico básico para la gestión integral de residuos sólidos*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología y México. pág 23-45.
- Hall, R. (1976). “Organizaciones, estructura y proceso”. Prentice-Hall. España. Pp. 6.
- He Z., X. Yang, B. A. Kahn, P.J. Stoffella y D. V. Calvert. (2004). Ventajas que suponen la utilización de Compost para la nutrición fosfórica, potásica, cálcica, magnésica y de micronutrientes. En: Stoffella P. J., y B. A. Kahn (ed.). (2005). “Utilización de compost en los sistemas de cultivo hortícolas”. Segunda edición. Ediciones Mundi-Prensa, México. P. 307-319
- Hellriegel, D. y Slocum J. W. (2009). *Comportamiento Organizacional*. 12° Edición. CENGAGE Learning Editores. México. Págs. 550.

- Henríquez C., Cabalceta G. (1999). Guía práctica para el estudio introductorio de los suelos con un enfoque agrícola. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Hernández García, M. A., & Granados Sánchez, D. (2006). El Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl-Zoquiapan y el impacto ecológico-social de su deterioro. *Revista Chapingo*, 12, 101-109.
- Hester, Ronald E Harrison, Roy M. (2002). "Environmental and Health Impact of Solid Waste Management Activities". The Royal Society of Chemistry Editors. Cambridge, GBR. Pp. 226
- Hewstone, M., Stroebe, W., Stephenson, G.M., (1996). *Introduction to Social Psychology*, second ed. Blackwell Publishing Ltd, Oxford.
- Hong, S. (2001). The price factor for municipal solid waste reduction: the impact of unit pricing system. *The Korean Economic Review* Vol. 49 No. 1 pp. 203-221.
- Hornweg, D. y P. Bhada-Tata, (2012). *What a waste: A Global Review of Solid Waste Management*, No. 15. Urban Development & Local Government Unit, World Bank, Washington. Pp 116.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2005). México
- Instituto Nacional de Ecología (INE), (2007). *Experiencias de la producción de composta en México.* Disponible en línea en: <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/499/experiencias.html>.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2010). México
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2012). México
- Jaramillo Henao H. G. y Zapata Márquez M. L. M. (2008). "Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia". Tesis para el grado de "Especialización en Gestión Ambiental", Universidad de Antioquia. Colombia. Pp.22-30
- Johansen, O. (2004). *Introducción a la Teoría general de sistemas*". Bertoglio, Limusa. México. p 119.

- Kok, G., y Siero, S. (1985). Tin recycling: Awareness, comprehension, attitude, intention and behavior. *Journal of Economic Psychology*, 6, 157–173.
- LaPiere, R.T., (1934). Attitudes versus actions. *Sot. Forces*, 13: 230-237.
- Latorre E. (1996). *Teoría General de Sistemas, aplicada a la solución integral de problemas*. Editorial Universidad del Valle. Santiago de Cali.
- Lee S. y Paik H. S. 2011. Korean household waste management and recycling behavior. *Building and Environment* 46 (2011) pp. 1159-1166
- Lu, L. T., Hsiao, T. Y., Shang, N. C., Yu, Y. H., & Ma, H. W. (2006). MSW management for waste minimization in Taiwan: The last two decades. *Waste Management*, 26(6), 661-667.
- Luna Lara, M. G. (2003). *Factores involucrados en el manejo de la basura doméstica por parte del ciudadano*. Universitat de Barcelona.
- Marans, R. W. y Lee Y. J. (1993). Linking recycling behavior to waste management planning: A case study of office workers in Taiwan. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam. *Landscape and Urban Planning*, 26:203-214.
- Martínez, Carazo P. C., “El método de estudio de caso: Estrategia metodológica de la investigación científica”. En *Pensamiento y gestión: revista de la División de Ciencias Administrativas de la Universidad del Norte*, ISSN 1657-6276, N°. 20, 2006, págs. 165-193.
- Massoni, S. (2007). *Estrategias: los desafíos de la comunicación en un mundo fluido* (No. Sirsi) i9789508085368).
- Mayntz, R. (1972). “Sociología de la organización”. Alianza Editorial. Madrid. Pp. 47, 48, 51, 53.
- Mckeown, R. (2002). *Manual de educación para el desarrollo sostenible*. Centro de Energía, Medio Ambiente y Recursos, Universidad de Tennessee.
- Méndez, J. S. (1984). “Dinámica social”. Nueva Editorial Interamericana. México. Pp. 14.

- Méndez, J. (1993). "Dinámica social de las organizaciones". Tercera Edición. McGraw-Hill. México. Pp. 21-26, 75-187.
- Michel, G. (1974). "Ecología de la organización". Editorial Trillas. México. Pp. 27-40.
- Morin, E. (1977). La Méthode. Paris: Seuil
- Morin E., E. R. Ciurana, y R. D. Motta. 2002. Educar en la era planetaria: el pensamiento complejo como "método" de aprendizaje en el error y la incertidumbre.
- Nasrabadi, T, Hoveidi, H, Bidhendi, G, Yavari, A, & Mohammadnejad, S. (2008). 'Evaluating Citizen Attitudes and Participation in Solid Waste Management in Tehran, Iran', Journal Of Environmental Health, Vol 71 No. 5 pp. 30-33, Academic Search Complete, EBSCO.
- Nyamwange, M. (1996.) Public perception of strategies for increasing participation in recycling programs. Journal of Environmental Education 27:19–22.
- Ojedokun, A.O., Balogun, S.K., (2011). Psycho-sociocultural analysis of attitude towards littering in a Nigerian Urban City. Ethiop. J. Environ. Studies Manage. 4 (1) 68–80.
- Ojedokun, A. O., & Balogun, S. K. (2011). Responsible environmental behaviour among residents of Ibadan: Where is the place of attitude towards littering in the agenda to keep Ibadan clean. Ibadan Planning Journal, 1(1), 67-81.
- Oluyinka, O. (2011) Attitude towards littering as a mediator of the relationship between personality attributes and responsible environmental behavior. Waste Management 31:2601–2611.
- Oros, L. (2005). Locus de control: evolución de su concepto y operacionalización. Revista de Psicología. Año/vol. XVI número 001. Universidad de Chile. Santiago de Chile. Pp 89-97.
- Ortega, T.E. (1978). Química de suelos. Universidad Autónoma Chapingo, PATENA, A.C. p152
- Otero, L. (1992). "Residuos sólidos urbanos". Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Madrid.

- Ozores-Hampton, M., Hanlon, E., Bryan, H., & Schaffer, B. (1997). Cadmium, copper, lead, nickel and zinc concentrations in tomato and squash grown in MSW compost-amended calcareous soil. *Compost Science & Utilization*, 5(4), 40-45.
- Park, J., D. Lamb, P. Paneerselvam, G. Choppala, N. Bolan, and J. Chung. (2011). Role of organic amendments on enhanced bioremediation of heavy metal (loid) contaminated soils. *J. Hazardous Mat.* 185:549-574.
- Parra, P. (1992). "Diccionario enciclopédico Planeta Agostini". Editorial Planeta. Barcelona. Pp. 189
- Paré, L. (1975). "Tianguis y economía capitalista". *Nueva Antropología, Revista de Ciencias Sociales*. México. Pp. 1-10.
- Parsons, T. (1967). "Ensayos de teoría sociológica". Editorial Paidós. Buenos Aires.
- Pasqualoto, Canellas L., Lopes Olivares F., A. L. Okorokova-Façanha, y A. R. Façanha. (2002). Humic Acids Isolated from Earthworm Compost Enhance Root Elongation, Lateral Root Emergence, and Plasma Membrane H⁺-ATPase Activity in Maize Roots. *Plant Physiol.* 130: 1951-1957.
- Plan de Desarrollo Municipal de Atlixco Puebla, (2008-2011).
- Pinamonti, F., Zorzi, G., (1996). "Experiences of compost use in agriculture and in land reclamation projects". In: De Bertoldi, M., et al. (Eds.). *The Science of Composting: part. 1*. Blackie, Glasgow, UK, p. 517-527.
- Piña Maldonado, O. (2009). Evaluación del uso de compostaje y digestión anaerobia en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos (OSW). UAM Iztapalapa
- Quadri-de-la-Torre, G., Wehenpohl, G., Sánchez-Gómez, J., López-Villalobos, A., & Nyssen-Ocaranza, A. (2003). La basura en el limbo: Desempeño de gobiernos locales y participación privada en el manejo de residuos urbanos.
- Refsgaard, K. y Magnussen K. (2009). Household behavior and attitudes with respect to recycling food waste e experiences from focus groups. *Journal of Environmental Management* 90:760-771.

- Riddech, N., Klammer, S., & Insam, H. (2002). Characterisation of microbial communities during composting of organic wastes (pp. 43-51). Springer Berlin Heidelberg.
- Rodríguez, G., J. Gil y E. García. (1996). Metodología de la Investigación Cualitativa. Málaga: Aljibe.
- Rosenberg, M.J. y Hovland, C.I. (1960). Cognitive, affective and behavioral components of attitudes. En C.I. Hovland y M.J. Rosenberg (Eds.), Attitude Organization and Change, New Haven: Yale University Press.
- Rubio, B. (1995). Agricultura mundial, estructura productiva y nueva vía de desarrollo en América Latina. En Globalización, deterioro ambiental y reorganización social en el campo, Carton de Grammont (coord.), UNAM-Juan Pablos Editor, México.
- Rynk, R. (1992). On-farm composting handbook.
- Rynk R y T. L. Richard. (2004). Sistemas de producción comercial de compost. p 55-57. En: Stoffella P. y A. Kahn. (2005). Utilización de compost en los sistemas de cultivo hortícola. Ediciones Mundi-Prensa. Barcelona
- Sadzawka, A., Carrasco, M. Mora M. (2005). "Métodos de análisis de compost". Centro Regional de Investigación La Platina, Serie número 34. Santiago de Chile. 142 páginas.
- Sauri Riacho M^a R. y Castillo Borges Elba R. (2002). Utilización de la composta en procesos para remoción de contaminantes. Ingeniería. 6-3. Pp 50-60, Yucatán, México.
- Schultz, P. W., and S. Oskamp. (1996). Effort as a moderator of the attitude-behavior relationship: General environmental concern and recycling. Social Psychology Quarterly 59:375– 383.
- Schuldt, M. (2012) Lombricultura: teoría y práctica. Ediciones Mndi-Prensa, Madrid. p. 307 Countries. Waste Management (29):915–923. www.elsevier.com/locate/wasman.
- Scott, D., & Willits, F. K. (1994). Environmental attitudes and behavior a Pennsylvania survey. Environment and behavior, 26(2), 239-260.

- Sekiguchi T y Nakamaru M. (2011). How inconsistency between attitude and behavior persists through cultural transmission. *Journal of Theoretical Biology* 27:124–135
- Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). (1994).
- Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). (2012).
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2003).
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2006).
- Silva, G. S. (2002). Contaminación ambiental en la región de Atlixco, Puebla, México. Tesis Doctoral en Ciencias. Colegio de Posgraduados, Campus Puebla. México.
- Sojka, R. E., & Upchurch, D. R. (1999). Reservations regarding the soil quality concept. *Soil Science Society of America Journal*, 63, 1039-1054.
- Soil Science Society of America (SSSA). (2011). *Soil Management: Building a Stable Base for Agriculture*. Madison, WI. Disponible en línea en: <https://dl.sciencesocieties.org/publications/books/tocs/acsesspublicati/soilmanagementb>
- Sterrett S. B., C. W. Reynolds, F. D. Schales, R. L. Chaney y L. W. Douglass. (1983). Transplant quality, yield, and heavy metal accumulation of tomato, muskmelon and cabbage grown in media containing sewage sludge compost. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 108:36-41.
- Stahlberg, D. y Frey, D. (1991). Actitudes I: Estructura, medida y funciones. En Hewstone, M, Stroebe, W., Codol, J.P. y Stephenson, G.M. (Eds) *Introducción a la Psicología social. Una perspectiva europea*. Ariel Psicología.
- Stoffella P. y A. Kahn. (2005). Utilización de compost en los sistemas de cultivo hortícola. Ediciones Mundi-Prensa. Barcelona. Pàgs 312-343.
- Sundh I. y S. Rönn. (2002). "Microbial Succession During Composting of Source-Separated Urban Organic Household Waste Under Different Initial Temperature Conditions". En Insam H, N. Riddech y S. Klammer (Edit.). (2002). *Microbiology of Composting*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. EUA. Pp 52-92.

- Tammemagi H. (1999). "The Waste Crisis". Oxford University Press. New York, Estados Unidos. Pp. 3-59.
- Tchobanoglous G, et al. (1994). "Gestión Integral de de Residuos Sólidos, Volumen I". Editorial McGraw-Hill/Interamericana de España S.A. México.
- Tiquia, S.M. (2000). "Evaluating phytotoxicity of pig manure from the pig on litter system". En: P.R. Warman y B.R. Taylor, Ed. Proceedings of the International Composting Symposium, CBA Press Inc. Truro, NS, p. 625-647.
- Tisdale S.L. y W.L. Nelson (1996). Soil fertility and fertilizers. Macmillan, New York.
- Trejo, Vázquez R. (1996). "Procesamiento de la basura urbana". Editorial Trillas. México. Pp 186-212
- Tse-Tung, M. (1937). Sobre la contradicción. Pekín, Ediciones en lenguas extranjeras, Mao Tsetung. Obras.
- United States Environmental Protection Agency (2003). Municipal Solid Waste Generation, Recycling, and Disposal in the United States: Facts and Figures for 2003, United States Environmental Protection Agency, Washington, DC. <http://www.epa.gov/msw/facts.htm> 2008.
- United States Environmental Protection Agency (2008). Waste management options, <http://www.epa.gov/wastes/homeland/options.htm>.
- Varnero, Mt., Orellana, R., Rojas, C., Santibañes, C. (2006). "Evaluación de especies sensibles a metabolitos fitotóxicos mediante bioensayos de germinación". En: Gallardo Lancho F (eds.). El Medioambiente en Iberoamérica: Visión desde la Física y la Química en los albores del Siglo XXI. Sociedad Iberoamericana de Física y Química Ambiental. Badajoz, España. Tomo III, p. 363-369
- Warman, P.R. 1999. Evaluation of seed germination and growth test for assessing compost maturity. En: Compost Science & Utilization 7(3):33-37.

- Weigel, R.H., (1985). Ecological attitudes and actions. In: D.B. Gray (Editor), *Ecological Beliefs and Behaviors: Assessment and Change*. Greenwood Press, Westport, CT, pp. 57-85.
- Wicker, A.W. (1969). Attitudes versus actions: The relationship of verbal and overt behavioral responses to attitude objects. *J. Soc. Issues*, 25: 41-78.
- Willson G.B. 1993. Combining raw materials for composting. p. 102-105. En: J Goldstain (eds.) *The Biocycle Guide to Yard Waste Composting*. The JP Press Inc., Emmaus, Pennsylvania.
- Závodská, A. y Knight, J. (2002). A Practical approach to future municipal solid waste management in developing countries –a closer look at Georgetown, Guyana. In: *AIAEE Proceedings of the 18th Annual Conference*, Durban, South Africa, pp. 485–49.
- Zucconi, F., Pera, A., Forte, M., De Bertoli, M. (1981). “Evaluating toxicity in immature compost”. *Biocycle* 22: 54–57
- Zucconi, F., Monaco, A., Forte, M., De Bertoli, M., (1985). “Phytotoxins during the stabilization of organic matter”. En: Gasser, J.K.R (Ed.), *Composting of Agricultural and Other Wastes*. Elsevier, London, U.K, p. 73-80