
I.- MARCO DE REFERENCIA

1.1 Características de la ciudad de Navojoa

La información que a continuación se presenta fue obtenida del Cuaderno Estadístico Municipal, Edición 1994 del municipio de Navojoa; Sonora. Editado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).

1.1.1 Características geográficas y climáticas

1.1.1.1 Localización

El municipio de Navojoa, del Estado de Sonora, cuya cabecera es la ciudad de Navojoa, se encuentra situado al Sur del mismo. Entre los paralelos 26° 31' y 27° 28', y entre los meridianos 109° 06' y 109° 49'. (figura 1)

1.1.1.2 Límites

Limita al Norte con los municipios de Cajeme y el de Quiriego; al Sur, con los municipios de Huatabampo y Etchojoa; al Oeste con los municipios de Etchojoa y Cajeme y al Este con los municipios de Álamos y el Quiriego.

1.1.1.3 Clima

García, Enriqueta (1964), realizó una serie de modificaciones al sistema de clasificaciones de Köppen para adaptarlo a las condiciones específicas de la República Mexicana, de acuerdo a estas modificaciones al analizar la carta de climas, se determinó que en el municipio de Navojoa el clima es sub-tropical-seco estepario con lluvias en verano e invierno; torrenciales en verano (julio, agosto y parte de septiembre) y menudas equipatas en invierno (diciembre y enero) pero no son abundantes, pues hay veranos en que las lluvias caen en forma irregular y espaciadas.

1.1.1.4 Temperatura

La temperatura media anual es de 25.4 °C, siendo la temperatura media mensual más baja de 18.1 °C, y la más alta de 32.5 °C.

1.1.1.5 Vientos

Los vientos en el municipio corren en verano de Sur a Oeste y en invierno de Norte a Oeste, siendo los primeros calientes y violentos, mientras que los segundos son fríos y cortantes. A la falta de lluvias el suelo del municipio contiene 40% de humedad.

1.1.2 Características demográficas

1.1.2.1 Población

En 1992 la ciudad de Navojoa contaba con una población estimada de 87,156 habitantes y concentraba el 68% del total de población del municipio. La población de la localidad de Navojoa en 1980 fue de 62,901 habitantes, que correspondía al 50% de la población municipal. Para las dos próximas décadas se espera un crecimiento a un ritmo del 2.5 % para el período 1900-2000 y del 2.8 % para el 2000-2010. La estructura de edad de la población de Navojoa en 1990 presenta las siguientes características: el 36.7% de la población es menor de 15 años, el 58.7 % fluctúa entre los 15 y los 64 años y el restante 4.4% es mayor de 65 años. Esta estructura muestra una elevada proporción de población joven, que constituye una fuerte demanda de equipamiento urbano, sobre todo en los rubros de educación, salud y recreación.

1.1.2.2 Vivienda

En 1992 se contaba con un total de viviendas estimadas de 17,994 con un promedio de ocupantes por vivienda de 4.81. En cuanto a la disponibilidad de servicios básicos el 92.6% cuenta con agua potable, el 55 % con drenaje y el 95 % con energía eléctrica.

1.1.3 Características de la cabecera municipal.

1.1.3.1 Colonias

Navojoa como cabecera municipal, se encuentra dividido en las siguientes colonias: Allende, Mocúzarit, Rosales, Nogalitos, Moderna, Hidalgo, Miravalle, Aviación, Fco. Villa, Primero

de Junio, Tierra y Libertad, Jacarandas, Sonora INDEUR, Sonora Progresista, Sonora Infonavit, Rosario Ruelas, Tepeyac, Reforma, Juárez, Constitución, Tierra Blanca, Tetanchopo, Deportiva, ITSON, Brisas del Valle. Además se tienen los fraccionamientos Tetaboca, Villa Dorada, los Naranjos, Villa de Lourdes, Arboledas y Los Álamos. También se tienen el antiguo asentamiento de Pueblo Viejo y la Comisaría de San Ignacio.

1.1.3.2 Servicios

Se cuenta con los servicios de agua potable y energía eléctrica en toda la cabecera municipal, además de que el servicio de transporte urbano cubre la mayor parte del área urbana. El 30 % del área urbana cuenta con pavimentado, por lo que la característica principal es la existencia de calles y avenidas de terracería lo que dificulta el movimiento de unidades vehiculares y de individuos en tiempo de lluvia. En cuanto a drenaje se estima que la cobertura de la red de alcantarillado es del 70%, sin embargo por diversas razones solamente se cuenta con 11,500 descargas conectadas, lo que significa un nivel de servicio del 55%, se carece del servicio en las colonias ITSON, Deportiva, la parte Sur de la Juárez y algunas zonas en los alrededores de la mancha urbana.

El servicio de energía eléctrica cubre el área urbana en un 95% y solamente una parte del Sudeste y Sudoeste del centro de la población no cuenta con el servicio, en cuanto a alumbrado público cubre un 25% del área urbana y corresponde con el área pavimentada actual.

1.2 Basura generada y composición.

Para obtener información relacionada con el Sistema de Recolección de basura de la ciudad de Navojoa, se tomó como referencia la investigación “ Diagnóstico del Sistema de Recolección de Basura, de la ciudad de Navojoa “, realizada por el Ing. Carlos Anaya Heredia el año de 1995. Dicha información sirvió para conocer la composición y la cantidad de la basura generada por el sector doméstico, ya que esencialmente el funcionamiento del Sistema Recolector está asociado a este servicio.

En la investigación se dividió a la ciudad en cuatro sectores conforme al cruce de la calle Pesqueira y la avenida Abasolo. **El Sector A se definió como el área al Oeste de la Pesqueira y al Norte de la Abasolo. El sector B quedó ubicado al Este de la Pesqueira y al Norte de la Abasolo. El sector C se situó al Oeste de la Pesqueira y al Sur de la Abasolo y el sector D al Este de la Pesqueira y al Sur de la Abasolo. (figura 2)**

El esquema de muestreo utilizado fue la técnica denominada muestreo por conglomerados de dos etapas que consiste en lo siguiente: se elige una muestra de cierto tamaño de manzanas y después de cada manzana se elige una muestra de unidades habitacionales. Para cada unidad habitacional se tomó la basura generada en un día y pasa a formar parte de la muestra.

Posteriormente la basura fue pesada y separada en sus componentes.

La tabla 1.1 indica la cantidad de manzanas de cada sector y el número de manzanas que se tomaron en la muestra.

Tabla 1.1 Cantidad de manzanas de cada sector

SECTOR	No. DE MANZANAS	MANZANAS EN LA MUESTRA
A	359	14
B	337	13
C	427	16
D	279	12
TOTAL	1402	55

En las 55 manzanas que formaron parte de la muestra se localizaron 770 unidades habitacionales de las cuales a 257 se les recogió la basura de un día particular.

La estimación de basura generada por unidad habitacional y por día obtenida fue de 2.52 Kilogramos y su intervalo con probabilidad de por lo menos un 95% lo ubica entre (2.126 Kg , 2.914 Kg). La estimación para el total de basura generada por el sector doméstico por día obtenido fue de 48 946.9 Kg y su intervalo con probabilidad de por lo menos un 95% lo ubica entre (41 297.1 Kg , 56 596.7 Kg.)

En las tablas y gráficas siguientes se muestran los resultados encontrados en relación a la composición de la basura en cada uno de los sectores y los resultados encontrados con respecto a la composición de la basura en toda la ciudad.

Los porcentajes indicados en las tablas están calculados en base al total de basura por sector (orgánica + Inorgánica).

Tabla 1.2 Cantidad de basura orgánica en los diferentes sectores

Basura orgánica	SECTOR A		SECTOR B		SECTOR C		SECTOR D	
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%
Papel-Cartón	18.84 Kg.	11.75	14.46 Kg	8.88	20.94 Kg	9.45	16.69 Kg	12.90
Desechos alimenticios	78.91	49.20	62.60	38.46	84.83	38.28	45.00	34.80
Tierra	7.18	4.48	11.30	6.94	20.40	9.23	14.00	10.82
Follaje	14.23	8.87	23.24	14.28	39.53	17.83	30.00	23.20
Total por sector	119.16 kg		111.60 Kg		165.70 Kg		105.69 Kg	

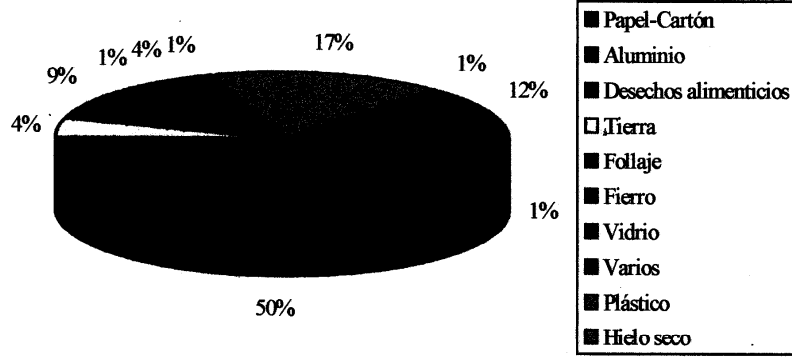
Tabla 1.3 Cantidad de basura inorgánica en los diferentes sectores

Basura inorgánica	SECTOR A		SECTOR B		SECTOR C		SECTOR D	
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%
Plástico	27.32 Kg	17.03	17.22 Kg	10.00	32.84 Kg	14.82	11.88 Kg	9.20
Aluminio	1.90	1.18	1.86	1.14	0.60	0.27	0.46	0.36
Vidrio	7.00	4.36	25.13	15.44	9.68	4.36	3.66	2.83
Fierro	2.04	1.27	1.50	0.92	4.50	2.03	3.35	2.57
Hielo seco	1.47	0.92	0.50	0.31	4.00	1.80	0.16	0.12
Varios	1.51	0.94	4.95	3.05	4.28	1.93	4.10	3.19
Total por sector	41.24 Kg		51.16 Kg		55.90 Kg		23.61 Kg	

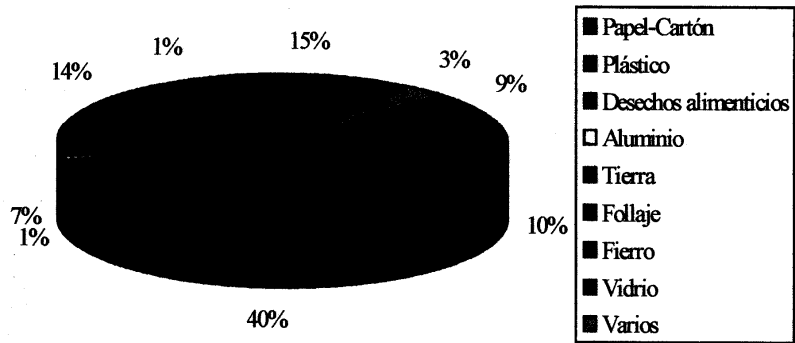
Tabla 1.4 Distribución de la composición de la basura doméstica en la ciudad de Navojoa, Sonora.

BASURA ORGÁNICA	Cantidad (Kg)	Porcentaje (%)
Papel-Cartón	70.93	10.53
Desechos alimenticios	270.84	40.21
Tierra	52.88	7.85
Follaje	107.00	15.89
BASURA INORGÁNICA		
Plástico	89.26	13.25
Aluminio	4.82	0.72
Vidrio	45.47	6.75
Fierro	11.39	1.69
Hielo Seco	6.13	0.91
Varios	14.84	2.20
TOTAL	673.56	100.00

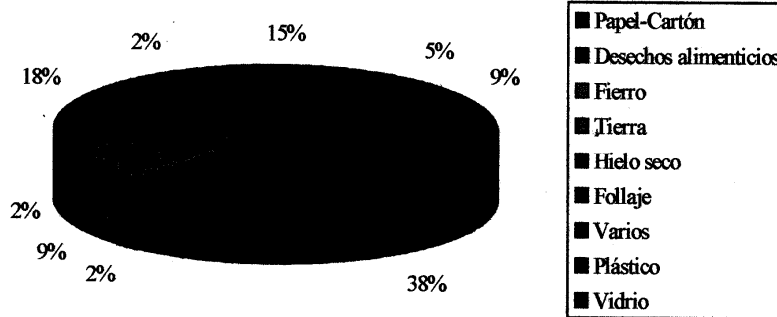
Gráfica 1.1
Porcentajes de basura orgánica + inorgánica: sector A



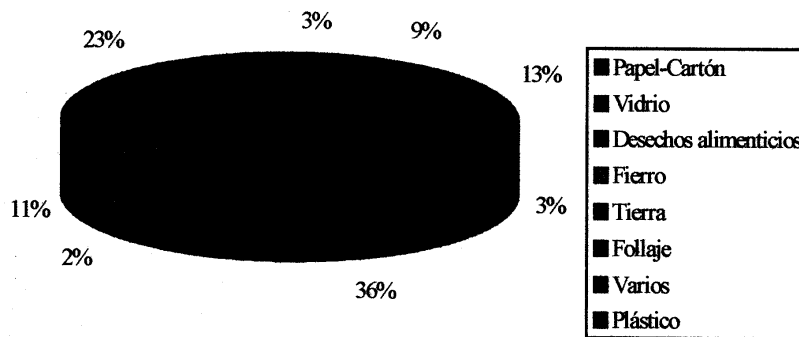
Gráfica 1.2
Porcentajes de basura orgánica + inorgánica: sector B



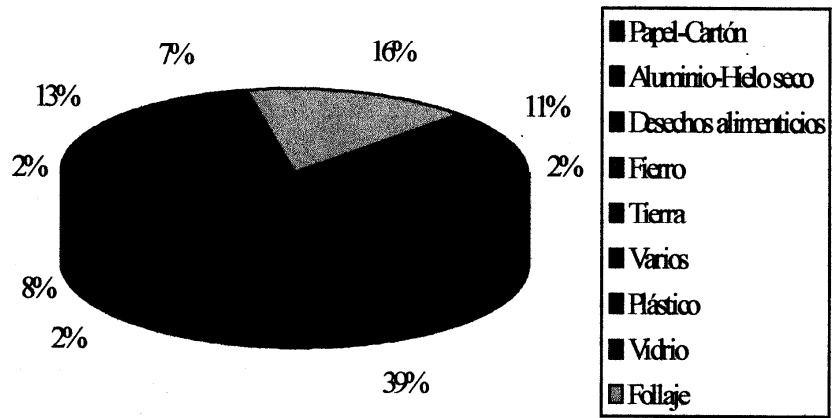
Gráfica 1.3
Porcentajes de basura orgánica + inorgánica: sector C



Gráfica 1.4
Porcentajes de basura orgánica + inorgánica : sector D



Gráfica 1.5
Porcentajes de la composición de la basura doméstica en Navojoa



1.3 Antecedentes de la disposición final de los residuos sólidos en Navojoa

La ciudad de Navojoa no es ajena al problema de acumulación de residuos sólidos, en un principio cada familia eliminaba sus residuos, ya fuera incinerándolos en el patio de su vivienda ó depositándolos en baldíos cercanos a su casa.

El ritmo de crecimiento de la población en la ciudad ha sido muy variable, presentándose una tasa de crecimiento media anual durante las décadas de los cuarenta y cincuenta, de 4.5 y 5.5 respectivamente. A partir de la década de 1960 a 1970, se tuvo una tasa de crecimiento media anual de 3.6% lo que refleja la creciente importancia de la localidad como centro urbano y económico en la región y el acelerado proceso de expansión urbana que ha experimentado.

A partir de lo anterior fue necesario destinar un lugar para depósito final de los residuos, ya que el aumento de la población junto al desarrollo del proceso de urbanización y la demanda creciente de bienes de consumo, determinan un aumento incesante en peso y volumen de los desechos producidos. Pero, el problema de la disposición final de los residuos sólidos se fue acrecentando, con el uso de los tiraderos a cielo abierto, los cuales han sido ubicados en la periferia de la mancha urbana, la basura es incinerada al aire libre, provocando constantes nubes de humo las cuales son llevadas por el viento hacia la mancha urbana.

Por los anteriores y otras razones los responsables de Servicios Públicos Municipales se ven obligados a buscar nuevos sitios para establecer el depósito final de los residuos sólidos de la ciudad.

Tal fue el caso del basurón ubicado a 2 Km. por la carretera a Álamos (antiguo basurón), durante los años de operación la basura fue incinerada al aire libre provocando constantes

molestias a las colonias cercanas como son: Sonora y Francisco Villa. La carretera sobre la cual se ubicaba este basurón conduce hacia un centro turístico como lo es la ciudad de Álamos, por lo que también esto obligó al Ayuntamiento a buscar otro sitio para el depósito de los residuos sólidos. Encontrándose un terreno propiedad del Ejido Navojoa, ubicado a 6 Km. al Norte de la ciudad por la carretera federal México-Nogales, se iniciaron las operaciones en 1993, presentando las mismas características de tiradero a cielo abierto que el anterior. Dejándose de utilizar en Mayo de 1996, dados los problemas económicos del municipio para el pago de renta por el uso del terreno y por los constantes problemas de contaminación a las poblaciones cercanas al lugar.

En Junio de 1996 se inicio la operación del basurón actualmente utilizado, ubicado a 9 Km. al Sudeste de la ciudad, en terrenos propiedad del Ejido Antonio Rosales. A pesar de las experiencias pasadas con los tiraderos a cielo abierto, actualmente se dispone la basura de la misma forma que en los basurones anteriores.

Durante el desarrollo del presente trabajo se le llamará basurón Ejido Navojoa al ubicado en terrenos del ejido del mismo nombre (basurero recientemente clausurado) y basurón Ejido Antonio Rosales al ubicado en terrenos del Ejido Antonio Rosales (basurero actual).

(figura 3)

La disposición final es la última etapa del servicio público de limpia y consiste en colocar los residuos sólidos en los lugares apropiados, destinados para tal fin.

La falta de recursos técnicos y económicos del municipio conllevan a que grandes espacios se conviertan en tiraderos de basura, lo que propicia una degradación en la calidad de vida de los habitantes afectando la economía de los centros de población.

Ante este panorama, se consideró necesario realizar una investigación que permita visualizar las condiciones de operación de la eliminación de los residuos sólidos de la ciudad de Navojoa, y a partir de ello, proponer las condiciones óptimas bajo las cuales se deben de eliminar dichos residuos tomando en consideración los factores siguientes:

- 1.- **Sanitarios:** para evitar los problemas de contaminación ambiental y de salud.
- 2.- **Económico:** que permita determinar las posibilidades del municipio para costear una técnica de eliminación de residuos sólidos en condiciones óptimas.
- 3.- **Técnico:** Para seleccionar las técnicas más convenientes y el personal más capacitado.

1.4 Descripción de la disposición final de los residuos sólidos de la ciudad de Navojoa.

1.4.1 Situación del basurón Ejido Navojoa

Ubicado a 6 Km. al norte de la ciudad por la carretera Federal No. 15 (México-Nogales). El tipo de suelo del terreno es arcilloso en una capa de 50 cm. y gravo-arenoso a mayor profundidad.

Un factor importante en la localización de un terreno para la disposición final de los residuos sólidos es el costo del terreno, para el caso del basurón Ejido Navojoa el terreno pertenece al Ejido Navojoa al cual no se pagó la renta por el uso del mismo. Igualmente importante es considerar la vida útil del terreno, que es el período de tiempo en el que está apto para recibir basura continuamente, de preferencia para 10 años, en el caso del basurón Navojoa

no se pronosticaron los años de duración. El basurón Ejido Navojoa tuvo una vida útil de 3 años de los cuales solo el primer año se utilizó material de cobertura para los residuos.

Dadas las características de un tiradero a cielo abierto, no se cuenta con un método ó tratamiento de separación de la basura, la cual al ser depositada en el lugar es incinerada al aire libre por los recuperadores de subproductos (pepenadores) provocando grandes nubes de humo (figura 4) las cuales causaban constantes enfermedades de orden respiratorio a los habitantes de los pueblos cercanos y problemas de visibilidad al tráfico de la carretera federal.

La incineración es uno de los métodos más recomendables que puede utilizar el servicio de limpia. La incineración es un método de tratamiento que consiste en eliminar la mayor parte del volumen de los residuos mediante su combustión o quemado, a través del cual se facilita su transformación en gases y cenizas para disminuir su volumen.

La Secretaría de Salud del Gobierno Federal a través de la Ley General de Salud, establece que los Hospitales cuenten con un incinerador de sus residuos, a fin de evitar el contagio de enfermedades transmisibles y salvaguardar la salud de la comunidad. Sin embargo, son muy pocos los hospitales que cuentan con incineradores debido al alto costo que representa su adquisición y operación.

Un problema que presentaba el basurón Ejido Navojoa es la acumulación de agua de las lluvias que se han mezclado con los sólidos descompuestos estancándose y provocando olores desagradables y la proliferación de insectos. (figura 5).

El basurón Ejido Navojoa no brindaba un aspecto favorable para los habitantes de la ciudad, ni para los visitantes de la misma, ya que no contaba con ningún tipo de cerca, sino que se utilizaba como escudo protector la vegetación natural de los alrededores.

Los caminos interiores existentes son de terracería e inadecuados para el tránsito de las unidades recolectoras. No se contaba con un portón o caseta para controlar la entrada y salida de personas y autos; lo que representaba un gran problema ya que existían todo tipo de desechos (figuras 6, 7 y 8) generados por industrias, comercios, oficinas gubernamentales y privadas, que no eran depositados en el lugar por las unidades recolectoras, estos desechos se descomponían al aire libre y no eran eliminados adecuadamente. Por otro lado la entrada de personas no acreditadas al tiradero, o posibles recuperadores de subproductos (pepenadores) que se encontraban a toda hora en el basurón en espera de las unidades recolectoras, exponiéndose a todo tipo de infecciones.

El basurón Ejido Navojoa solo contaba con una máquina (figura 9) que servía para acumular la basura, la persona que estaba a su cargo era el único empleado del lugar por lo que era también el quien cuidaba el basurón.

1.4.2 Situación del basurón Ejido Antonio Rosales

En Junio del año en curso se dio inicio a la operación del basurón Ejido Antonio Rosales en el terreno ubicado a 9 Km. al Sudeste de la ciudad.

El terreno pertenece al Ejido Antonio Rosales, al cual se le otorgó el derecho a la pepena de productos de desperdicios, por el uso del terreno.

A escasos meses de iniciadas las operaciones del basurón, la compactación de los desechos sólidos no se lleva a cabo adecuadamente, lo anterior es por la falta de maquinaria adecuada o adaptada para tales actividades.

En cuanto al material de recubrimiento existente en el terreno, es suficiente para cubrir los residuos diariamente, además que en los alrededores del terreno se encuentran acumulaciones de escombros y tierra, los cuales en un momento dado se pueden acarrear al basurón y ser utilizados como material de recubrimiento.

Las vías de acceso son de terracería, lo cual provoca un deterioro a las unidades recolectoras de basura y hasta impide el acceso de las mismas en épocas de lluvia, incrementando el tiempo de trabajo de las unidades. Las vías de acceso interiores son igualmente difíciles en tiempos de lluvia ya que no están acondicionadas para operar en dichos tiempos.

Los vientos dominantes no afectan a la mancha urbana ya que el terreno se ubica al poniente y varios kilómetros al interior de la carretera internacional, evitándose la dispersión de basura por las corrientes de viento.

Todo lo anterior da una visión de lo positivo y negativo sobre el tratamiento de los residuos sólidos. Lo que sirve como base para determinar qué técnica de disposición final de residuos sólidos es la más adecuada para el municipio. Y con su óptima operación evitar con el paso del tiempo un tiradero a cielo abierto.

1.5 Estudios relacionados con el trabajo

Algunos autores han considerado estudiar la problemática de los residuos sólidos y su disposición final, a continuación se hará mención de algunos de ellos:

Roberto Escobar Gutiérrez en 1988, obtuvo el título de Ingeniero Civil con el trabajo “ Manejo y disposición final de residuos sólidos municipales. En el cual propone: lineamientos generales que ayuden a definir con mayor rapidez, que terreno es el más adecuado, a partir de las siguientes consideraciones ideales:

- Ser fácil y rápidamente accesible para los carros recolectores.
- Permitir su utilización por largo plazo.
- Tener condiciones naturales que protejan los recursos naturales, la vida animal y vegetal en sus cercanías.
- Estar localizado de modo que el relleno sanitario no sea rechazado por la población y,
- Ofrece tierra para cobertura, en cantidad y calidad adecuada, dentro de las cercanías del sitio.

Para cumplir lo anterior presentan las bases técnicas y una metodología para la investigación de terrenos.

Ing. Químico Industrial Abar Wilde Vicepresidente de residuos sólidos de la SMISA manifestó su preocupación por el tema de residuos sólidos con el artículo “ Propuestas de la Vicepresidencia acerca de los residuos sólidos” presentado en la revista Ingeniería Ambiental. El cual dice:

“ La propuesta que aquí se presenta se debe complementar y formular para que los profesionistas y las administraciones puedan rescatar y hacer eficiente lo existente, subsanar las carencias, sostener o mejorar el nivel actual de prestación de servicios, implementar y sanear los sitios de disposición final que hoy se utilizan y promover el inicio de programas sencillos de regularización de tiraderos tolerados en nuestro país, dejando bases para crear un sistema de manejo de residuos sólidos listo para operar y satisfacer la demanda de la ciudadanía de gozar de un país limpio y un ambiente saludable. ”

Ing. Martín Dávila, Jefe del Departamento de Limpia de Tijuana, B.C. presentó en el programa de televisión " Detrás de la noticia " la siguiente propuesta: Elaboración de un estudio para ubicar el desecho de mayor composición en la basura (1500 toneladas de basura, generación diaria), en Tijuana se tienen 500 colonias a las cuales se les brinda el servicio de limpia 1 día por semana, la basura de este sector es depositada en 50 Hectáreas de relleno sanitario al cual se le tiene pronosticada una vida de servicio hasta el año 2002.
