

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**EVALUACIÓN DEL ACEITE AUTOMOTRIZ
USADO COMO COMBUSTIBLE ALTERNO EN LAS
LADRILLERAS DE SALTILLO, COAHUILA.**

**POR:
PORFIRIO CASTRO FRAUSTO**

**TESIS
Presentada como requisito parcial
para obtener el título de:**

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS

**EVALUCIÓN DEL ACEITE AUTOMOTRIZ USADO COMO
COMBUSTIBLE ALTERNO EN LAS LADRILLERAS DE
SALTILLO, COAHUILA.**

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

**ELABORADO POR:
PORFIRIO CASTRO FRAUSTO**

APROBADA POR:

ASESOR PRINCIPAL:

Hector Madinaveitia Ríos

DR. HÉCTOR MADINAVEITIA RÍOS

ASESOR:

M.C. Luis Javier Hermosillo Salazar

M.C. LUIS JAVIER HERMOSILLO SALAZAR

ASESOR:

Dr. José Luis Reyes Carrillo

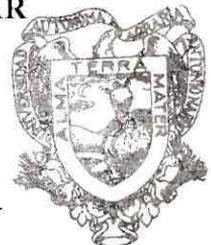
DR. JOSÉ LUIS REYES CARRILLO

ASESOR:

Ing. Rubén López Tovar

ING. RUBÉN LOPEZ TOVAR

**M.C. JOSÉ JAIME LOZANO GARCÍA
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS.**



**Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**TESIS QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN
DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO DE:**

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

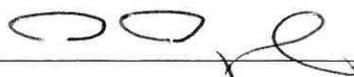
**POR:
PORFIRIO CASTRO FRAUSTO**



DR. HÉCTOR MADINAVEITIA RÍOS



**M.C. LUÍS JAVIER HERMOSILLO
SALAZAR**



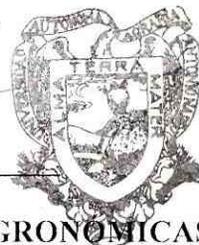
**DR. JOSÉ LUIS REYES
CARRILLO**



ING. RUBÉN LÓPEZ TOVAR



M.C. JOSÉ JAIME LOZANO GARCÍA
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas**

DEDICATORIA

A Dios el cual debo mi vida, por darme las fuerzas y acompañarse en todo momento. Por darme la gracia y el entendimiento en toda esta jornada.

A mis Padres Porfirio Castro y Julia Frausto, por sus esfuerzos y apoyo en toda mi vida, por su comprensión y sobre todo por los ánimos de seguir adelante cuando más los necesitaba.

A mis hermanos y hermanas; Waldo, Jorge, Oscar, Olga, Berta y Letí por estar siempre al pendiente de mí, por su apoyo desmedido e incondicional, mil gracias. LOS QUIERO MUCHO.

A mí querida y estimada cuñada Maria Val. Gracias por tu afecto, amistad y sobre todo, por tus oraciones hacia mi persona. DIOS TE BENDIGA POR SIEMPRE.

A todos mis sobrinos por la inmensa alegría que me han brindado, la cual agradezco. DIOS LOS BENDIGA SIEMPRE.

A mi Novia y futura compañera de vida: Norma Alicia Barraza H. por el incalculable valor que representa en mi vida, por todo su amor, cariño y comprensión, gracias por tu apoyo que has brindado a lo largo de estos años. TE AMO.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme estar en este momento y lugar del mundo donde se conoce mucha gente interesante e importante.

A la Familia García Gutiérrez por su hospedaje en mi Estancia Profesional abirme las puertas de su hogar y conocerlos. Gracias a Dios por ponerlos en mi camino y conocer esos hermosos lugares que jamás olvidare en el ESTADO DE CHIAPAS.

A MI ALMA TERRA MATER, por abirme sus puertas y darme la oportunidad de realizarme como profesionista. GRACIAS.

Al Dr. Héctor Madinaveitia Ríos por brindarme su atención, enseñanza y colaboración para realizar la elaboración de esta tesis.

Al M.C. Luís Javier Hermosillo Salazar por su apoyo, en la revisión de esta tesis.

Al Dr. José Luís Reyes Carrillo por su apoyo y participación para la culminación de esta tesis.

Al Ing. Rubén López Tovar por su atención y apoyo en la revisión de esta tesis.

A COMIMSA, por todas las atenciones prestatadas hacia mi persona mil gracias.

Al Ing. Julio Arnoldo Flores Rodríguez jefe del proyecto.

Agradezco su paciencia brindada hacia mi persona, sus atenciones y sobre todo su hospitalidad durante los días de trabajo.

ÍNDICE GENERAL.....	I
ÍNDICE DE CUADROS.....	III
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IV
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVO.....	4
2.1 Objetivo General.....	4
2.2 Objetivos específicos.....	4
III. HÍPOTESIS ALTERNANTE.....	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
4.1 Quema de llantas con distintos fines.....	5
4.2 Emisiones al aire provocados por la combustión de llantas usadas.....	6
4.3 Magnitud de la contaminación.....	11
4.4 Estimación de la generación de residuos industriales peligrosos en base a aceites gastados.....	17
4.5 Aspectos Ambientales y legales.....	19
4.5 Ventajas y desventajas del aceite automotriz usado como combustible en la elaboración de ladrillos.....	23
a) Ventajas.....	23
b) Desventajas.....	24

V. MATERIALES Y METODOS.....	26
5.1 Ubicación del área de estudio.....	26
5.2 Metodología.....	30
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
6.1 Censo de Ladrilleras.....	32
6.2 Comercialización de los ladrillos.....	32
6.3 Censo de personas dedicadas a la producción de ladrillos.....	33
6.4 Situación actual de las ladrilleras.....	34
6.5 Evaluación de los combustibles.....	35
a) Cantidad de llantas quemadas al año.....	37
b) Constituyentes de la emisión derivadas de la quema de llantas.....	37
6.6 Constituyentes del aceite automotriz usado.....	39
VII. CONCLUSIONES.....	45
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	47

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Precio de los ladrillos y losetas de barro pieza de 30 x 30 cm (regular).....	32
Cuadro 2 Censo de personas dedicadas a la producción de ladrillos, en Saltillo Coahuila, México 2002.....	33
Cuadro 3 Comparación entre el aceite usado y llantas empleadas para la obtención de ladrillos. Saltillo, Coahuila, México datos del 2005.....	36
Cuadro 4 Toneladas consumidas tan solo en julio del 2002 para la elaboración de ladrillos y losetas de barro.....	36
Cuadro 5 Monitoreo de gases y partículas en quema con llanta.....	38
Cuadro 6 Constituyentes del aceite automotriz usado y nivel en ppm realizados por la EPA.....	40
Cuadro 7 Constituyentes y concentraciones del aceite automotriz usado según datos de la SEMARNAT (2002).....	41

Cuadro 8 Pruebas de quemado con aceite y con llanta según COMIMSA (2002).....	43
Cuadro 9 Monitoreos de gases y partículas en la quema de aceite automotriz usado y llantas usadas.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de las ladrilleras en Saltillo, Coahuila.....	27
Figura2 Imagen que muestra a un pequeño grupo de ladrilleros.....	34
Figura 3 Quema de llantas usadas en las ladrilleras de Saltillo Coahuila.....	35
Figura 4 Fotografía de llantas tomada en un tiradero a cielo abierto a un costado de las ladrilleras en operación en Saltillo, Coahuila.....	39

I. INTRODUCCIÓN

En distintas partes de la República Mexicana como son: Ciudad Juárez, Chihuahua, Durango, Zacatecas, Guadalajara, se ha descrito la presencia de dioxinas, furanos, bencenos, bifenilos policlorados, entre otros contaminantes provenientes de la quema de llantas para la producción de ladrillos, esto afecta a cientos de personas, siendo las más afectadas aquellas que viven en áreas cercanas a estas ladrilleras. Por ello es necesario sustituir la quema de llantas por un combustible alternativo, en este caso aceite automotriz usado, ya que representa una alternativa para la erradicación de la quema incontrolable de llantas usadas; así como los contaminantes que esta genera al quemarse en obradores o ladrilleras.

Uno de los mayores problemas está en las ladrilleras de la Ciudad de Saltillo, Coahuila donde desde hace cientos de años se fabrican ladrillos y losetas de barro por métodos artesanales empleando originalmente leña como combustible; sin embargo al ir apareciendo materiales residuales como cascos de acumulador, llantas y plásticos fueron siendo empleados como combustibles ya que cuentan con un buen poder calorífico a pesar de la gran contaminación que generan. Con el tiempo el problema se ha ido incrementando de modo que la contaminación que genera la combustión de estos materiales, las diversas administraciones gubernamentales prohibieron el uso de estos, sin embargo el empleo de llantas no se logró erradicar y la práctica común hasta antes del primero de abril del 2004 era usar un 50 % de llantas y un

50 % de madera en la quema. Los productos que se fabrican en las ladrilleras de Saltillo son principalmente ladrillo de construcción y losetas de diversas formas, estas son las denominadas "Saltillo Tile" con marca registrada por la Unión de ladrilleros de Saltillo, Coahuila.

Actualmente en Saltillo existen más de 1,224 hornos rústicos (ladrilleras u obradores), los cuales en épocas de alta demanda emplean hasta 4,000 toneladas de llantas por mes, lo que representa una quinta parte de lo que se produce en el país, aunque muchas de estas llantas vienen de los Estados Unidos.

Según estudios realizados por la EPA (Agencia de Protección Ambiental) de los Estados Unidos, la quema de llantas en estos hornos ladrilleros es muy similar a la quema a cielo abierto y en estos casos las emisiones de partículas sólidas llegan al 10 % de lo quemado, lo que presume que en Saltillo se pueden estar emitiendo hasta 400 toneladas por mes de partículas sólidas al aire, por otro lado, las emisiones contienen hasta 80 compuestos peligrosos de los cuales 25 son o se sospechan que son cancerígenos. Un elemento adicional de alarma es que estas emisiones son altamente mutagénicas 80,000 veces más que las de hornos que queman gas. El aceite automotriz usado es posible que se pueda usar como combustible alternativo, para la recuperación de energía, así se logra una disminución de cenizas, asbesto y emisiones contaminantes provocadas por la quema de llantas (EPA, 2005).

La solución propuesta por el Instituto Nacional de Ecología es usar aceite automotriz usado, con este combustible alternativo se logra un

beneficio en la disminución de cenizas y partículas sólidas totales (PST), también habrá una mejoría notable en las condiciones de trabajo de los ladrilleros, por otro lado se promueve el uso de un residuo que genera un incremento en la recolección, con lo que se evita que estos aceites se descarguen en los arroyos y drenajes.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General:

- Evaluar el aceite automotriz usado como combustible alternativo para la quema de ladrillos.

2.2 Objetivos específicos:

- Erradicar la quema de llantas dadas para la obtención de ladrillos.
- Proponer el aceite automotriz usado como fuente de combustible para la obtención de ladrillos.

III. HÍPOTESIS ALTERNANTE

El aceite automotriz usado tiene la misma o mayor capacidad que la quema de llantas empleadas en la elaboración de ladrillos.

4.1 Quema de llantas con distintos fines

La quema de llantas en las ladrilleras de la ciudad de Saltillo, Coahuila se ha ido incrementando hasta en un 75 % en las últimas décadas y como resultado han incrementado las concentraciones de contaminantes en relación al campo y ciudad (INE, 2005).

No se tienen datos precisos de generación de llantas pero se estima que en nuestro país México se desechan aproximadamente 25 millones de llantas al año, con un peso aproximado de 250,000 toneladas (INE, 2001).

Según EPA (2000) en Estados Unidos se desecha una llanta por habitante por año. En México cada año se genera una llanta de desecho por cada 2.5 habitantes, lo cual representa un severo riesgo para el medio ambiente y para la salud humana, en particular en la Ciudad de Saltillo, en donde se llegan a concentrar hasta 8 llantas por habitante, dichas llantas usadas terminan, en su mayor parte, diseminadas en las calles, terrenos baldíos, tiraderos y en pocos casos en rellenos sanitarios (INE, 2000).

La quema de llantas a cielo abierto está fuera de control lo que trae como consecuencia una contaminación ambiental que ocasiona un incremento de cáncer, malformaciones congénitas, diabetes, daños a los sistemas hormonales, inmunológicos y nerviosos, así como problemas pulmonares, entre otros desordenes en la salud. Los contaminantes se

acumulan en el tejido graso del cuerpo humano, incluida la leche materna, y como se transportan por el viento a grandes distancias por lo que también contaminan y causan daños lejos de su fuente de origen (EPA, 2004).

Según la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales en un comunicado oficial descalificó los problemas a la salud que ocasiona la quema de llantas en hornos cementeros sin embargo la SEMARNAT no dice nada sobre la generación de dioxinas y otros compuestos contaminantes, con lo cual se infiere que se pretende minimizar los riesgos ambientales y a la salud que la quema de llantas en estos hornos cementeros provoca (SEMARNAT, 2004).

4.2 Emisiones al aire provocados por la combustión de llantas usadas

En México entre dos y tres mil millones de llantas usadas son dispuestas en rellenos sanitarios y en montones en tiraderos a cielo abierto. Las llantas usadas representan tanto un problema de disposición como un posible recurso útil (es decir, como un combustible y en otras aplicaciones). Las fuentes no controladas son incendios de llantas a cielo abierto, las cuales producen compuestos insolubles llamados “productos incompletos de combustión” que se liberan directamente a la atmósfera. En la actualidad, hay muy poca información acerca de las emisiones que provienen de equipos que cuentan con un diseño para utilizar llantas usadas como combustible. Estas fuentes constan de chimeneas, hornos

rústicos en ladrilleras, incineradores chicos, o cualquier aparato con malas características de combustión. Es probable que las emisiones al aire que provienen de estas fuentes estén entre la quema a cielo abierto y las de un combustor bien diseñado. Sin embargo, hay una preocupación muy seria que las emisiones sean más parecidas a las de los incendios de llantas a cielo abierto que las de un combustor (TRC, 2003).

El alcance de las partículas provenientes de las emisiones de llantas quemadas son arrastradas por el aire hasta más de 2 km a la redonda. Sin embargo, se pueden generar cantidades significantes de líquidos y sólidos con contenidos químicos dañinos derivadas de la fundición de llantas. Estos productos pueden contaminar el suelo, la superficie del agua y los mantos acuíferos. Se sospecha que desde hace mucho tiempo las emisiones de los incendios de llantas a cielo abierto representan un serio impacto negativo a la salud y el medio ambiente. Sin embargo, debido a la falta de datos suficientes, no se sabía a ciencia cierta cuales eran los contaminantes emitidos, ni cuales cantidades se emitían, ni cual era el grado de peligrosidad asociado a estas emisiones, especialmente tomando en cuenta las personas sensibles, por ejemplo niños y ancianos (Pirnie, 2001).

Según Lemieux y DeMarini (2002), evaluaron los impactos potenciales a partir de muestras de emisiones de quema de llantas en una cámara de combustión. En un estudio subsiguiente al de Ryan en 2001, se utilizó una técnica experimental que se llama bioassay-directed fractionation combinada con análisis adicionales para evaluar la cantidad

y potencia de compuestos mutagénicos provenientes de las emisiones durante la quema de llantas a cielo abierto. El método bioassay-directed fractionation utiliza pruebas de mutagenicidad para identificar diversas clases de compuestos mutagénicos.

Se concluyó que: el factor de mutagenicidad para las emisiones de la quema de llantas a cielo abierto es mayor que cualquier otro tipo de combustión previamente estudiado. Por ejemplo, es 3-4 grados de magnitud más grande que los factores de mutagenicidad para la combustión de petróleo, carbón, o leña en las calderas de centrales térmicas. Se define un compuesto mutagénico como una sustancia que causa mutaciones. Una mutación es un cambio en el material genético de una célula de cuerpo humano. Estas mutaciones pueden encaminarse a defectos al nacer, abortos espontáneos, o cáncer. Los compuestos mutagénicos son debidos a que "la inducción de daños genéticos podría causar un incremento en la incidencia de enfermedades genéticas en las generaciones futuras y contribuir a enfermedades somáticas de células, inclusive cáncer, en la generación actual" (ATSDR, 2001).

Según la EPA (2005), ha demostrado que las emisiones al aire provenientes de la quema de llantas a cielo abierto son más tóxicas que las provenientes de un combustor, sin considerar el combustible estas emisiones provenientes de la quema de llantas a cielo abierto incluyen: contaminantes tales como partículas sólidas, monóxido de carbono (CO), bióxido de azufre (SO), óxidos de nitrógeno (NO_x), e hidrocarburos polinucleares (PAH_s), dioxinas, furanos, cloruro de hidrogeno, benceno,

bifenilos policlorados (PCB_s) y metales tales como arsénico, cadmio, níquel, zinc, mercurio, cromo, y vanadio.

Los daños a la salud son los siguientes:

BIFENILOS POLICLORADOS.- La exposición a los bifenilos policlorados causan en el ser humano daños fatales ya sea inhalado, ingerido o al ingresar al organismo a través de la piel, puede provocar efectos agudos o crónicos, incluyendo cáncer; los efectos adversos en la salud se presentan de acuerdo el período de exposición, dosis y ruta de exposición (inhalación, oral y dermal). La toxicidad de los PCB's afecta principalmente la piel, el hígado y se pueden presentar efectos en el desarrollo embrionario. Los efectos metabólicos, reproductivos, endócrinos e inmunodepresivos se han observado en animales, así también se presentan efectos dermatológicos, reproductivos y de desarrollo, afecciones del sistema respiratorio, cardiovascular y gastrointestinal. Los efectos conocidos hasta hoy son dolor de cabeza, mareos, depresión y fatiga (SEMARNAT, 2003).

ARSÉNICO.- La intoxicación crónica por arsénico se presenta en personas expuestas durante un tiempo prolongado, esto debido a concentraciones excesivas de este compuesto en suspensión aérea. Los efectos más sobresalientes son los efectos locales sobre la mucosa del tracto respiratorio y piel. También puede afectar al sistema nervioso, circulatorio y el hígado, llegando a producir cáncer. El cuadro clínico son los síntomas abdominales vagos: diarrea, estreñimiento, enrojecimiento de la piel y pigmentación, a esto le siguen afecciones vasculares, anemia,

leucopenia y cáncer de piel (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 2001).

CADMIO.- Es persistente en el ambiente y si es absorbido por el organismo humano puede persistir por décadas antes de ser excretado. En el ser humano, la exposición prolongada se relaciona con la disfunción renal. También puede llevar a enfermedades pulmonares, además se la ha relacionado con el cáncer de pulmón y puede provocar osteoporosis. El ingreso medio diario, para humanos se estima en 0,15 μg procedente del aire y 1 μg del agua. Este metal se acumula en el organismo fundamentalmente en los riñones, causando hipertensión arterial, además de le ha sido asociado con la aparición de cáncer en animales de experimentación, así como casos de cáncer de próstata en humanos (FAO, 2004).

NIQUEL.- El níquel es necesario para la formación de glóbulos rojos, pero en exceso es medianamente tóxico, puede provocar a largo plazo disminución del peso corporal, irritación de la piel y problemas cardíacos y hepáticos, la exposición se puede dar a través del contacto, los efectos adversos más comunes son reacciones alérgicas. Es cancerígeno y biopersistente (UNECE, 2004).

ZINC.- Provoca intoxicaciones severas al ingresar grandes cantidades de este elemento al cuerpo humano, también limita el crecimiento físico, mermar la capacidad mental, dañar el sistema inmune, y favorecer enfermedades como la malaria, la diarrea y las infecciones respiratorias. Afecta aproximadamente a un tercio de la población mundial y de estima

que es responsable de 1 millón de muertes al año en todo el mundo (Ecoportal, 2006).

MERCURIO.- La gravedad de los daños que puede ocasionar a la población ya sea por inhalación o ingestión, representa el mayor riesgo de intoxicación el cual daña especialmente el sistema nervioso. Los síntomas van desde pérdida de la memoria, temblores, inestabilidad emocional (angustia e irritabilidad), insomnio e inapetencia. Se observan desórdenes mentales perturbaciones motoras, afecciones renales, daños pulmonares y por consiguiente la muerte (ATSDR, 2003).

CROMO.- Frecuentemente se acumula en ambientes acuáticos, por lo que existe cierto riesgo de ingerir pescado contaminado. Los bajos niveles de exposición pueden provocar irritación de la piel y úlceras, mientras que la exposición prolongada puede causar daños hepáticos y renales, al tejido nervioso y al sistema circulatorio (ATSDR, 2003).

VANADIO.- La exposición a altos niveles de vanadio puede causar efectos perjudiciales para la salud, al respirar este metal puede producir irritación de los pulmones, dolor del pecho, tos, secreción nasal y dolor de garganta (ATSDR, 2003).

4.3 Magnitud de la contaminación

Para llevar a cabo la producción de ladrillos y losetas de barro se utilizan combustibles altamente contaminantes como llantas, aceites usados y residuos industriales, entre otros. La magnitud del problema ambiental provoca a la Ciudad de Saltillo considerables impactos

ambientales, con los consiguientes cambios en el medio natural, cuyas consecuencias se manifiestan en la contaminación atmosférica, contaminación de aguas, contaminación del suelo, erosión, desequilibrio ecológico y otros. Así mismo se producen impactos directos e indirectos, creando un ambiente inseguro, por lo que se hace necesaria la realización de un seguimiento Ambiental, y de esta forma prever y atenuar futuros impactos que se puedan provocar al Medio Ambiente (INE, 2001).

Las llantas de desecho constituyen un problema ambiental por varias razones como son: (González E., 2004).

RIESGO DE INCENDIO.- Un incendio de llantas puede causar impactos adversos al medio ambiente y a la salud pública, por los compuestos que la conforman, una vez que estas se incendian, es difícil apagar el incendio. La combustión incontrolada de llantas a temperaturas relativamente altas, tiende a producir cantidades importantes de hidrocarburos no quemados (humo negro espeso) y emisiones nocivas para la atmósfera y la calidad del aire. Se han identificado 38 compuestos emitidos al aire con un potencial dañino debido principalmente a la exposición de hidrocarburos, metales, gases y vapores inorgánicos. Se ha demostrado que las emisiones al aire, provenientes de la quema de llantas a cielo abierto son muy tóxicas, incluso mutagénicas. Además que pueden generar cantidades significativas de líquidos y sólidos con contenidos químicos derivados de la quema de llantas, que pueden ser potenciales contaminantes del suelo, agua superficial y subterránea.

PROLIFERACIÓN DE FAUNA NOCIVA.- La definición de fauna nociva se aplica aquellas especies animales, que por condiciones ambientales o artificiales (provocadas por el hombre y sus acciones), incrementan su población llegando a convertirse en plaga, vectores potenciales de enfermedades infecto-contagiosas o causantes de daños a las actividades o bienes humanos al no poder ser regulada por mecanismos naturales. Este tipo de fauna prolifera en lugares donde se han alterado ecosistemas y existen pocas o nulas condiciones de salud. La forma de las llantas les permite actuar como un depósito debido a que capta o acumula el agua procedente de la lluvia. Además, las llantas amontonadas absorben la luz solar, creando un ambiente propicio en combinación con agua estancada para la reproducción de mosquitos. No existen depredadores naturales para los mosquitos que viven en el interior de las llantas, lo que conduce a aumentos incontrolables de la población. Estos mosquitos a menudo son transmisores de enfermedades mortales para el hombre tales como la fiebre amarilla, la encefalitis, paludismo y el dengue, además existe una variedad de estos organismos, como son: *Culex pipens*, *Anopheles quadrimaculatus*, *Anopheles punctipennis*, etc. Además las llantas usadas son un residuo voluminoso que ocupa un espacio considerable en los rellenos sanitarios y en los basureros a cielo abierto, también son contaminantes visuales que degradan la imagen de las comunidades.

Un importante problema es el impacto a la salud humana al respirar partículas sólidas totales (PST) y partículas menores a las 10 micras (PM10), estas (PM10) son retenidas en los bronquios y en los alvéolos.

Las partículas mayores pueden ser eliminadas por los sistemas naturales de defensa, pero eso no es razón para no considerarlas como contaminantes, ya que por sus características son el indicador más evidente de un ambiente contaminado.

La contaminación por PST y PM10 puede causar a corto y a largo plazo, disminución de la función pulmonar, lo cual contribuye a la presencia de enfermedades crónicas respiratorias y a la muerte prematura. Se estima que el riesgo de morir prematuramente aumenta en un 28 % por cada incremento de 50 mg de PM10. Los riesgos asociados con partículas en el área pulmonar son mucho mayores que el riesgo por las partículas que se quedan en la garganta (Tittanen *et al.*, 2004).

Ante la necesidad de solucionar el grave problema de acumulación de llantas de desecho que se presenta en prácticamente en toda el área de las ladrilleras de Saltillo, Coahuila, la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) ha considerado diversas alternativas para su solución, tomando en cuenta los criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social que estipula la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPyGIR). Una de las alternativas que ha merecido especial atención es el reciclaje energético de las llantas usadas, también conocido como coprocesamiento (SEMARNAT, 2005).

Según ATSDR (2000) la producción de ladrillo genera sustancias químicas que en la mayoría de los casos se consideran como contaminantes, dentro de éstos, los más comunes son:

PARTÍCULAS SUSPENDIDAS: Estas comprenden un amplio rango de sólidos y líquidos suspendidos y dispersos en el aire. Son lo suficientemente pequeñas para penetrar en las vías respiratorias y causar enfermedades, son producto de la combustión de llantas usadas, el uso de aerosoles, polvos generados por la industria, quema de basura, la construcción, tolveneras, etc.

LLUVIA ÁCIDA: Los anhídridos sulfuroso sulfúrico (SO_2 y SO_3). Conocidos como óxidos de azufre estos son generados principalmente por procesos industriales. Forman ácido sulfúrico al combinarse con el vapor de agua del aire; este mecanismo es el responsable de que el ácido suspendido sea arrastrado por las lluvias formando la lluvia ácida.

EL MONÓXIDO DE CARBONO (CO): Se produce principalmente por la combustión de combustibles utilizados por los automóviles y es un gas tóxico que sumado al dióxido de carbono calientan la atmósfera causando el efecto invernadero. La exposición de este contaminante entre los niveles de 10 a 15 ppm durante 8 hrs, resulta en un nivel de carboxi-hemoglobina de 0.25 %; es decir, que el 2.5% de los glóbulos rojos de la sangre se une al monóxido de carbono en vez del oxígeno; disminuyendo el suministro de oxígeno a todo el cuerpo, con los consecuentes daños a todos los órganos vitales.

DIOXINAS: Se les conoce con este nombre a dos grupos químicos distintos de compuestos, los policlorinados dibenceno-p-dioxinas (PCDDS) y los policlorinados dibenceno furanos (PCOFS); existen aproximadamente 220 compuestos dentro de la familia de las dioxinas,

muchos de éstos producen cierta toxicidad en mamíferos, algunos compuestos son conocidos como agentes teratogénicos y carcinogénicos; el más tóxico es 2,3,7,8 tetracloruro dibenceno -p-dioxina (2,3,7,8 TCOO). Las dioxinas se encuentran de forma natural en bajas concentraciones y provienen de fuentes como los incendios forestales, las dioxinas producidas por actividades humanas incluyen la incineración de ciertos materiales, principalmente plásticos, los gases de escape de los vehículos y de accidentes industriales de tipo químico. Se generan también en las síntesis de algunos plaguicidas tales como el 2,4,5- T pentaclorofenol. Los principales problemas ambientales derivados de la presencia de dioxinas son: riesgos ocupacionales, riesgos a la población en general, vía contaminación del aire en general o por accidentes, ya que la quema de plásticos solos o en la basura produce directamente estas sustancias. Los signos y síntomas manifiestos de la intoxicación por dioxinas que se presentan en el hombre son: acnegénico e inducción de porfiria neurotóxica.

De acuerdo a Lemieux, y Ryan (2001) existen dos tipos de intoxicación causadas por las dioxinas, (aguda y crónica) cuyos síntomas son:

1. INTOXICACIÓN AGUDA Y SUBAGUDA.- Se presentan lesiones en la piel semejantes a quemaduras, porfirina cutánea tardía en algunos individuos, cloroacné, cefalea, anorexia, pérdida de peso, fatiga, irritabilidad, náuseas, vómitos, diarreas y depresión del sistema nervioso central.

2. INTOXICACIÓN CRÓNICA.- Fatiga, irritabilidad, cefalea, pérdida de peso, cloroacné, hirsutismo, hiperpigmentación, aumento de infecciones urinarias, polineuritis, alteraciones en el metabolismo lipídico y función hepática, teratogénico, carcinogénico, mutagénico para los animales de experimentación y posiblemente para el hombre.

En los últimos 20 años el problema de la contaminación atmosférica ha atraído el interés mundial, ya que la mayoría de los países se han preocupado por determinar las causas e implementar soluciones para disminuir los efectos dañinos de esta contaminación que son, entre otros: la lluvia ácida, el calentamiento de la atmósfera, las inversiones térmicas y el adelgazamiento de la capa de ozono. Además de tener una repercusión negativa directa con la salud humana y los recursos naturales, no solo de nuestro municipio, región o estado, sino a nivel global (EPA, 2000).

4.4 Estimación de la generación de residuos industriales peligrosos en base a aceites gastados

En la actualidad, la regulación y el control del manejo de los residuos peligrosos y de las actividades altamente riesgosas en México es una competencia federal a cargo de la Secretaría de Medio ambiente y Recursos Naturales a través de sus dos órganos desconcentrados, el Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), así como de otras Secretarías con

competencia en la materia entre las que destacan la Secretaría de Salud (SSA), de Trabajo y Previsión Social (STPS), de comunicaciones y Transportes (SCT) y de agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR), en lo que concierne a los combustibles y residuos peligrosos utilizados como combustibles alternos (INE, 2002).

Dado que la Entidad Federativa requiere contar con programas para la gestión de los materiales y residuos peligrosos que se manejen en la producción de ladrillo y losetas de barro en las ladrilleras de Saltillo, Coahuila, es necesaria la prevención y respuesta a accidentes que involucre dicha actividad, así como responder a sus propias necesidades y/o contextos, como a las condiciones que privan a nivel regional, se ha considerado pertinente promover la participación de los diversos sectores de la sociedad interesados, a fin de diseñar y poner en práctica programas intersectoriales Estatales y Municipales para la prevención de riesgos químicos ambientales y la minimización y manejo integral de las llantas usadas que a fin de cuentas se consideran residuos peligros (INE, 1996-2000).

En relación al empleo de aceites usados, que es lo que se propone para emplearlo como combustible alternativo, en lugar de quemar llantas, la cantidad de residuos producida según INE (2000) fue de 314, 913,06 ton/año, siendo las actividades de la industria manufacturera las que más contribuyen en la generación del residuo con 279,857.90. Esta cantidad generada indica que es posible emplearlo como sustituto de la quema de llantas.

4.5 Aspectos Ambientales y legales

Las llantas usadas generalmente se desechan en las siguientes formas (INE, 2000).

- a) Los generadores mayoristas contratan un servicio de recolección particular, el cual los lleva a un almacén temporal, para posteriormente enviarlas a empresas que las utilicen como combustible alterno.
- b) Los generadores pequeños utilizan el servicio de recolección público de residuos, para desecharlas; este último a su vez, las transporta hasta plantas de selección y aprovechamiento, a estaciones de transferencia de residuos o al sitio de disposición final correspondiente, lugares donde en ocasiones son separadas y enviadas a un sitio que funciona como almacén y donde serán recuperadas pequeñas cantidades.
- c) Los generadores o transportistas pueden disponerlos indiscriminadamente en tiraderos a cielo abierto o sitios clandestinos, lo que deriva una disposición inapropiada y acumulación no controlada.

Anteriormente, era común la disposición en relleno sanitario de las llantas enteras, sin embargo, esta práctica está siendo rechazada debido a su forma y composición, estas no pueden ser fácilmente compactadas, ni se descomponen fácilmente. Por lo tanto, las llantas usadas consumen

cantidades de espacio en sitios de disposición. En la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), se consideran diversos criterios para la prevención y control de la contaminación del suelo, de los cuales se distingue que es necesario prevenir y reducir la generación de residuos sólidos, municipales e industriales; incorporar técnicas y procedimientos para su reuso y reciclaje, así como regular su manejo y disposición final eficiente. En este sentido la LGEEPA marca los lineamientos que se deben seguir par evitar y controlar la contaminación de los suelos, a pesar de que no se hace referencia hacia las llantas usadas, se entiende que éstas están incluidas en el concepto de residuos sólidos municipales. También se establece que la generación, manejo y disposición final de los residuos de lenta degradación deberá sujetarse a lo que se establezca en las normas oficiales mexicanas que al respecto se expidan. A este respecto es importante, mencionar que actualmente no existen normas referentes al manejo de llantas usadas. La tendencia que existe en las diversas iniciativas de la Ley sobre residuos sólidos, ya sea en el ámbito nacional o local, muestra que es inminente la atención a los residuos considerados como especiales, entre los cuales se encuentran las llantas usadas (SEMARNAT e INE, 1998-2002).

La normatividad de los residuos peligrosos se basa en los mismos conceptos y principios en los que se sustenta la normatividad de los materiales peligrosos, la cual considera que se puede lograr su manejo seguro y ambientalmente adecuado, siempre y cuando se desarrollen conductas y adopten medidas tendentes a prevenir o reducir su liberación

al ambiente y las condiciones de exposición de los seres humanos, la flora y la fauna que pueden conllevar riesgos de que se produzcan efectos adversos (INE, 1999).

Como una de las grandes preocupaciones sociales respecto a la gestión de las llantas usadas como residuos peligrosos, se centra en particular en los residuos tóxicos que estas general al quemarse. La SEMARNAT ha establecido la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-085-ECOL-1994, para fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles sólidos, líquidos o gaseosos o cualquiera de sus combinaciones, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de humos, partículas suspendidas totales, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno y los requisitos y condiciones para la operación de los equipos de calentamiento indirecto por combustión; así como los niveles máximos permisibles de emisión de bióxido de azufre en los equipos de calentamiento directo por combustión. Las ladrilleras u obradores son fuentes fijas, puesto que las instalaciones o conjuntos de estas pertenecientes a una sola persona física o moral, ubicadas en la zona urbana de la Ciudad de Saltillo, Coahuila es con la finalidad de desarrollar operaciones o procesos industriales, comerciales o de servicios o actividades que generen o puedan generar emisiones contaminantes a la atmósfera (INE, 1997).

En lo que respecta a la quema de llantas para la producción de ladrillo se considera que es una actividad altamente riesgosa, su gestión ambiental está basada en el concepto de que sólo se puede lograr de

manera efectiva prevenir el riesgo de accidentes ambientales que dicho proceso indica y minimizar sus efectos adversos sobre la salud, los bienes y el ambiente cuando ocurren, si se desarrollan simultáneamente las siguientes acciones, en las que deben de intervenir coordinada y concertadamente diversos sectores y actores: (PROFEPA y SEMARNAT 2000-2002).

1. Incremento de la seguridad en los procesos e instalaciones que involucran el manejo de materiales peligrosos.
2. Control de los usos del suelo en torno a la actividad.
3. Preparación de la respuesta a accidentes que ocurran en dichas actividades.

En lo que concierne con respecto al peligro y los riesgos de los residuos utilizados para la elaboración de ladrillos y losetas de barro, en especial las llantas usadas, hace ver que su gestión requiere de la participación de profesionales de distintas disciplinas, así como la obtención, análisis y evaluación que estas al quemarse generan poniendo de relieve la complejidad de la demostración de los riesgos que pueden derivar del manejo de las llantas y otros residuos, particularmente los considerados como peligrosos. Es basándose en estas consideraciones, que las políticas en la materia enfatizan la importancia del enfoque preventivo, basado en el conocimiento y en las experiencias que muestran que es más barato prevenir que remediar y en la que se puede llegar a evitar la quema de tales residuos y a establecer sistemas de control

efectivos que permitan su manejo seguro y ambientalmente adecuado (COMIMSA, 2002).

4.6 Ventajas y desventajas del aceite automotriz usado como combustible en la elaboración de ladrillos (INE, 2005).

a) Ventajas

En la reparación de autos se utilizan muchos materiales naturales y sintéticos, que pueden reciclarse. Por ejemplo se generan aceites, disolventes o acumuladores usados que pueden ser reciclados en lugar de tirarlos al drenaje o a la basura. Una lista de los residuos que frecuentemente se generan en los talleres mecánicos es la siguiente.

- 1 Aceite y grasas usados
- 2 Anticongelantes
- 3 Solventes usados, como el thinner, aguarrás, etc.
- 4 Acumuladores o baterías automotrices usadas
- 5 Líquido de frenos
- 6 Pinturas y esmalte
- 7 Filtros de aceite

Según INE (2000), cada año se generan en México más de 325 millones de litros de aceites usados. Si estos residuos se ponen en tambos de 200 litros, se podría formar una línea que va desde la Ciudad de México hasta Monterrey.

Debido a esto las autoridades ambientales de los tres niveles de gobierno (Federal, Estatal, Delegaciones y Municipios) han considerado la

necesidad de llevar a cabo un Programa de aceites usados automotrices, con el objetivo de valorizarlos y darles un manejo integral y ambiental adecuado invitando a participar en él a los talleres de cada localidad.

Unas de las ventajas para este residuo son las siguientes:

- 1 Se puede utilizar como combustible alternativo
- 2 Impulso a la captación de aceites residuales
- 3 El manejo integral de estos aceites permite su reciclado y genera energía.
- 4 Se evitan las descargas al suelo y agua.
- 5 Se genera fuente de empleo.
- 6 Se tiene mayor control sobre los generadores.

b) Desventajas

Los aceites automotrices son usados en los motores de los automóviles donde las condiciones de operación hacen que después de cierto periodo de uso se degraden en compuestos cuyas características no permiten su utilización como lubricantes. La regeneración es uno de los métodos para reutilizar los aceites usados con menor impacto ambiental, éste método dispone los aceites usados de forma tal que se puedan volver a usar como lubricantes, esto hace necesario la implementación de políticas dirigidas a su disposición final y métodos usados para la combustión de los mismos. Los aceites usados que se generan en México son manejados en bases lubricantes para su posterior uso y destinados al

comercio como combustible alterno sin tratar. Por sus características físicas y químicas los aceites usados y mal manejados afectan al medio ambiente de diversas formas y pueden dañar nuestra salud. Por ejemplo: un litro de aceite usado puede contaminar un millón de litros de agua, dañando así la agricultura, la fauna, la flora, al ser humano y plantas de tratamiento de aguas residuales.

Algunas de las desventajas para el manejo de este lubricante son:

- 1 Se tiene el manejo de un residuo peligroso.
- 2 Se requiere permiso de la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales para su uso como combustible alterno.
- 3 Se requiere control sobre los recolectores del aceite automotriz usado.
- 4 Es necesario tener contenedores adecuados y un almacén temporal para este residuo.
- 5 Se necesita capacitación a los usuarios para la documentación, manejo, almacenaje, inventario y control.

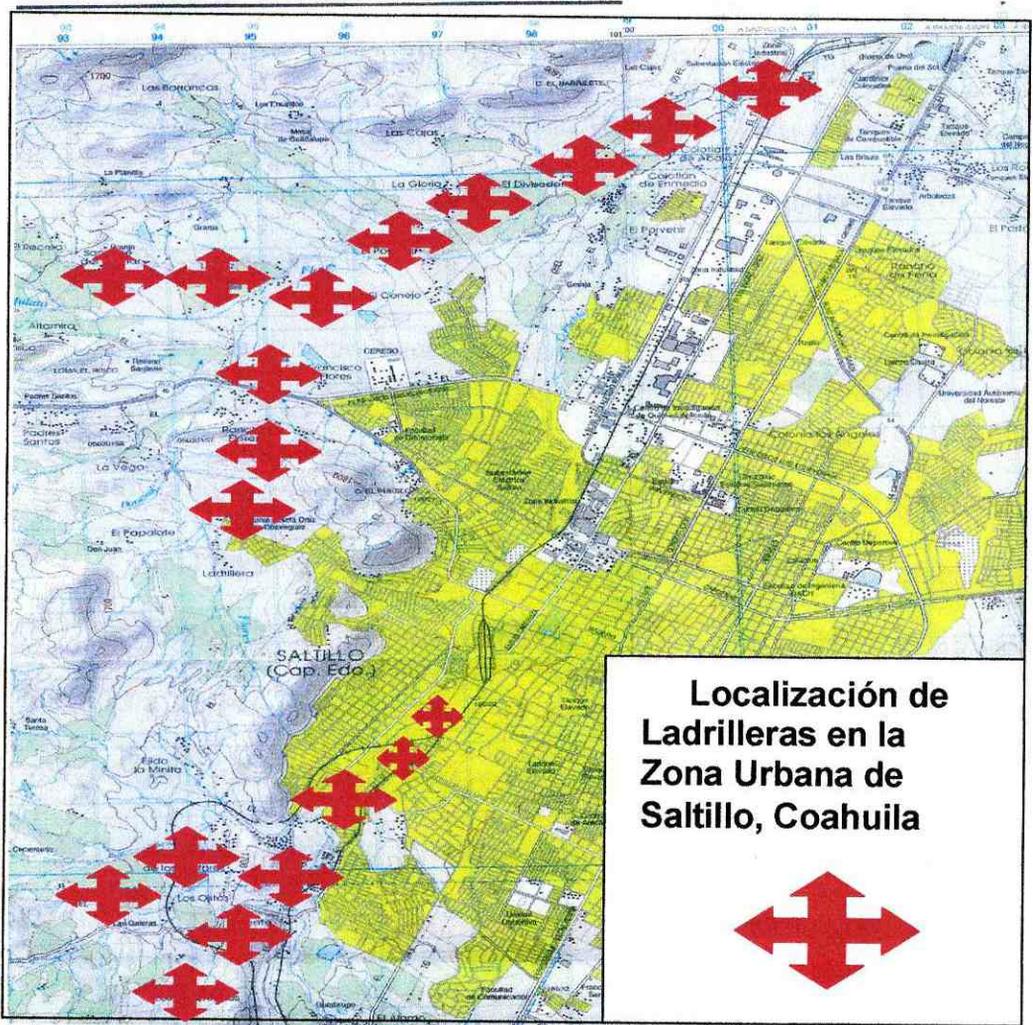
V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Ubicación del área de estudio (INEGI, 2000).

Saltillo se localiza en el sureste del estado de Coahuila, en las coordenadas 101°59'17" longitud oeste y 25°23'59" latitud norte, a una altura de 1,600 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con el municipio de Ramos Arizpe; al sur con los estados de San Luis Potosí y Zacatecas, al suroeste con el municipio de Parras; al este con el de Arteaga y el estado de Nuevo León y al oeste con el municipio de Parras. Cuenta con una superficie de 6,837 kilómetros cuadrados, que representan el 4.51 % del total de la superficie del estado.

Saltillo es la capital del estado de Coahuila, cerca de la ciudad de Monterrey. Sus principales industrias son la manufactura de telas de algodón y de lana, también vinícola, siderúrgica, de maquinaria agrícola, de cerámicas y de harina; además, es un importante centro comercial, ganadero y de comunicaciones.

Las ladrilleras ubicadas en la Ciudad de Saltillo, Coahuila fueron el objeto de este estudio (Figura 1).



Fuente. INEGI, 2002

Figura 1 Ubicación de las ladrilleras en Saltillo, Coahuila

Orográficamente, al oeste se localiza la sierra Playa Madero, que abarca también la parte del sureste de Parras de la Fuente. En el suroeste se localiza la sierra El Laurel, que forma parte también del ya citado municipio. La sierra de Zapalinamé se levanta al este del municipio, y la sierra Hermosa está localizada en el suroeste. Al sur se encuentran la presa de San Pedro y la de los Muchachos.

El clima es de subtipo seco semicálido; al suroeste subtipos semiseco templados y grupos de climas secos y semifríos, en la parte sureste y noreste; la temperatura media anual es de 14 a 18 °C y la precipitación media anual en el sur del municipio se encuentra en el rango de los 300 a 400 milímetros; al centro tiene un rango de 400 a 500 milímetros y al norte de 300 a 400 milímetros; con régimen de lluvias en los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y escasas en noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo; los vientos predominantes soplan en dirección noreste con velocidad de 22.5 km/h. La frecuencia de heladas es de 20 a 40 días en la parte norte-noreste y suroeste; y en el resto de 40 a 60 días y granizadas de uno a dos días en la parte sureste.

La flora, hacia las partes montañosas predominan los bosques de pino-encino, de oyamel, mezclado con matorrales semidesérticos de tipo osetófilo y pastizales naturales. En las regiones intermontañosas y las llanuras hay una vegetación de matorrales semidesérticos y pastizales inducidos y naturales.

La fauna se circunscribe a especies del semidesierto como codorniz, conejo de cola blanca, liebre y paloma triquera, y entre las especies mayores predomina el venado, el coyote y el leoncillo.

En cuanto las características y uso del suelo, se pueden distinguir cinco tipos de suelo en el municipio:

xerosol.- Suelo de color claro y pobre en materia orgánica y el subsuelo es rico en arcilla o carbonatos, con baja susceptibilidad a la erosión.

regosol.- No presenta capas distintas, es claro y se parece a la roca que le dio origen. Su susceptibilidad a la erosión es muy variable y depende del terreno en el que se encuentre.

feozem.- Su capa superficial es suave y rica en materia orgánica y nutrientes. La susceptibilidad a la erosión depende del tipo de terreno donde se encuentre.

rendzina.- Tiene una capa superficial rica en materia orgánica que descansa sobre roca caliza y algún material rico en cal, es arcilloso y su susceptibilidad a la erosión es moderada.

litosol.- Suelos sin desarrollo con profundidad menor de 10 centímetros, tiene características muy variables según el material que lo forma. Su susceptibilidad a la erosión depende de la zona donde se encuentre, pudiendo ser desde moderada a alta.

Respecto al uso del suelo, 40,265 hectáreas son utilizadas para la producción agrícola. A la explotación pecuaria se dedican 250,159

hectáreas y a la forestal 266,076 hectáreas. La superficie urbana ocupa 127,200 hectáreas. En cuanto a la tenencia de la tierra, predomina el régimen de tipo ejidal.

La población del municipio durante 1995 fue de 527,979 habitantes y, de acuerdo con los resultados preliminares del Censo de Población y Vivienda efectuado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), para el año 2000 aumentó a 577,352 personas. Esta cifra representa el 25.15 % de la población total del estado y el 0.59 % del país. La densidad de población es de 84 habitantes por kilómetro cuadrado. Según los resultados preliminares del Censo señalado, el municipio de Saltillo cuenta con 285,507 hombres cifra que representa el 49.45 % del total del municipio, mientras que el 50.55 % son mujeres y ascienden a 291,845.

5.2 Metodología. Consistió en:

- 1). Realización de censos de ladrilleras y los productos elaborados obtenidos. Para ello se emplearon datos de INEGI (2002).
- 2). Comercialización de los ladrillos.
- 3). Censo de personas dedicadas a la producción de ladrillos
- 4) Determinación de la situación actual de las ladrilleras.
- 5) Evaluación de los combustibles. Se obtuvo de INE (2002).
 - Quema de llantas y quema de aceite automotriz
 - Cantidad de llantas quemadas por año.

6) Constituyentes contaminantes de la emisión derivada de la quema de llantas

7) Constituyentes del aceite automotriz usado

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Censo de Ladrilleras

EL INEGI realizó un censo en el mes de Julio del 2002, lo cual se enfocó principalmente al 100 % de las ladrilleras de Saltillo Coahuila, donde el principal producto es: Loseta y ladrillo de construcción, así mismo el 88 % de esta producción se exporta a los Estados Unidos (INEGI, 2002).

Existen 19 sitios con ladrilleras y en cada sitio hay un número variable de ladrilleras, siendo en total 1224. Según el INE (2002) en época de alta producción están en operación un máximo de 700 ladrilleras aproximadamente.

6.2 Comercialización de los ladrillos

CUADRO 1. PRECIO DE LOS LADRILLOS Y LOSETAS DE BARRO
PIEZA DE 30 X 30 CM (REGULAR)

Precio del dueño de la ladrillera al público	\$ 2.70
Precio del intermediario al público	\$ 3.50
Precio a exportador El productor lo vende al exportador y no recibe financiamiento.	\$ 4.00
Precio de venta en EEUU Precio al publico pesos Mexicanos	\$ 20.00 (casi 2 dólares)

Fuente. INEGI, 2002.

En el Cuadro 1 se observa que el dueño de la ladrillera, vende el ladrillo al público a un precio de \$2.70. El dueño de la ladrillera a su vez contrata a los trabajadores que fabrican el ladrillo, pagando normalmente el salario mínimo vigente. Los precios del intermediario al público es de

\$3.50 y el precio de exportación es de \$4.00. Mientras que el precio de venta en EUA es de \$20.00. Casi el 88 % de la producción es exportado al extranjero.

6.3 Censo de personas dedicadas a la producción de ladrillos

Se determinó la edad de las personas dedicadas a la producción de estos materiales. Del total de personas dedicadas a esta actividad el 99 % son hombres y resto mujeres, que son generalmente esposas de los trabajadores, e hijas mayores de 13 años.

CUADRO 2. CENSO DE PERSONAS DEDICADAS A LA PRODUCCIÓN DE LADRILLOS EN SALTILLO COAHUILA, MÉXICO 2002.

Total de trabajadores	7344
Edades	%
Hasta 16 con un mínimo de 13	4
17 a 19	27
30 a 39	38
40 a 49	22
50 a 59	8
Mas de 60	1

Fuente. INEGI, 2002.

Normalmente no reportan a los hijos pequeños ni a las mujeres que participan en forma eventual en las actividades de quema y producción. Observaciones efectuadas en el área de estudio indican que de una muestra al azar de 15 ladrilleros, el 100 % presentó diversos problemas de salud en mayor o menor grado. Los problemas de salud más comunes

son asma, alergias y dolores de cabeza afecciones ocasionadas principalmente por la contaminación que provoca la quema de llantas.

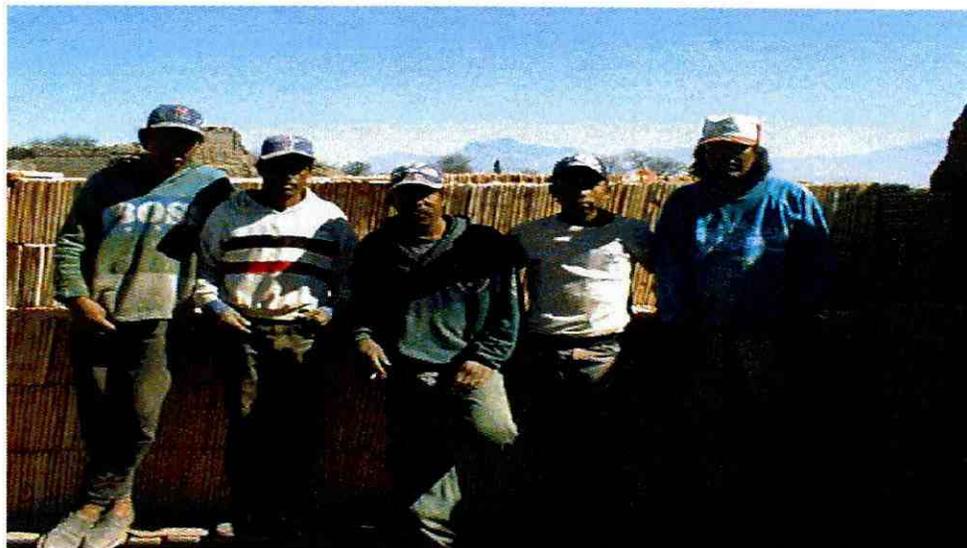


Figura 2. Imagen que muestra a un pequeño grupo de ladrilleros

6.4 Situación actual de las ladrilleras

Según INE (2004) estimó que durante el año del 2004 estaba operando solo 500 de las 1,224 ladrilleras en Saltillo, Coahuila. Figura 3. El Instituto Nacional de Ecología ha emitido comunicados a los ladrilleros prohibiendo terminantemente el uso de llantas como combustible, sin embargo aún así se siguen quemando llantas en el sector ladrillero de Saltillo, Coahuila. La información obtenida se logró en base a visitas a ladrilleras y por bibliografía proporcionada por el Instituto Nacional de Ecología.



Figura 3. Quema de llantas usadas en las ladrilleras de Saltillo Coahuila

6.5 Evaluación de los combustibles.

En el Cuadro 3 se muestra una comparación entre los principales combustibles empleados para la producción de ladrillos. La información que abarca el este Cuadro considera la evaluación de los combustibles para la elaboración de ladrillos y los parámetros que se evaluaron fueron: ceniza, poder calorífico, costo, cantidad por quema y costo por quema.

De acuerdo a datos obtenidos para una producción de 4000 ladrillos por mes se requieren 2200 kg de aceite usado, mientras que de llantas son requeridas 4000.

CUADRO 3. COMPARACIÓN ENTRE EL ACEITE USADO Y LLANTAS EMPLEADAS PARA LA OBTENCIÓN DE LADRILLOS. SALTILLO, COAHUILA. MÉXICO. DATOS DE 2005.

Combustible	Cenizas %	Poder calorífico Kcal/kg	Costo \$/kg	Cantidad Por quema Kg	Costo por Quema \$ M. N.
Aceite usado	< 5	9,900	0.25	2,200	550
Llantas	6 a 20	9,103	0.35	4,000	1,400

Fuente: INE (2005)

En el cuadro 3 muestra que el aceite automotriz usado tiene más poder calorífico que las llantas, así también es mucho menor los residuos que en este caso son las cenizas tan solo representa el < 5 %. También se observa que es más ventajoso emplear el aceite quemado tanto por el bajo costo/kg como por el costo de la quema. En general se observa que es más ventajoso emplear el aceite usado.

CUADRO 4. TONELADAS CONSUMIDAS TAN SOLO EN JULIO DEL 2002 PARA LA ELABORACIÓN DE LADRILLOS Y LOSETAS DE BARRO.

Toneladas consumidas en Julio del 2002	Cantidad en Toneladas
Llanta	4,614
Madera	3,588
Gas	20
Otros*	160
Total	8 382 ton/mes

Fuente: COMIMSA e INE, 2002.

*Textiles, basura, plásticos, etc.

En el Cuadro 4 se ve que lo que más se emplea para la elaboración de los ladrillos y losetas son las llantas seguido por la madera. Se observó en el área que entre más alejada de la mancha urbana esté ubicada la ladrillera

es mayor la cantidad de madera empleada. La razón principal por la cual se emplea más llantas es por la mayor facilidad de obtenerla y quemarla.

a) Cantidad de llantas quemadas al año.

La destrucción de llantas es de aproximadamente 40,000 ton/año, lo que representa el 19 % del deshecho nacional, la generación de cenizas es de 600 kg/quema, lo que significa 6,000 ton/año (Figura 4).

El precio de venta de la llanta es de \$ 400.00 por tonelada (INE, 2002).

b) Constituyentes de la emisión derivados de la quema de llantas.

En la quema de llantas se identifican contaminantes tales como partículas sólidas totales, cenizas, humo negro que al ser respirado provocan alergias, problemas pulmonares, dolores de cabeza, etc. La EPA (2005) tiene evidencias de que usar desechos de llantas usadas como combustible incrementa las emisiones de dioxinas, mercurio, hidrocarburos poliaromáticos (HPA) y metales pesados como plomo, zinc, níquel y vanadio, la experiencia internacional ha demostrado que las dioxinas y furanos son contaminantes orgánicos persistentes y se caracterizan por ser tóxicos, acumulables en tejidos grasos, también son persistentes incluso en cantidades muy pequeñas, estos contaminantes son mencionados en el Convenio de Estocolmo, que establece que los gobiernos deben tomar medidas para lograr su reducción y su total eliminación.

CUADRO 5. MONITOREO DE GASES Y PARTÍCULAS EN QUEMA CON LLANTA

	MONITOREO COMIMSA	CANTIDAD POR HORA Kg/h	CANTIDAD POR QUEMA Kg/quema	CANTIDAD POR MES Ton/mes**
Partículas sólidas totales (PST)	173 mg/m ³	3	54	89
Óxidos de nitrógeno (NO _x)	192 ppm	3	54	89
Bióxido de azufre (SO ₂)	108 ppm	2	36	59
Monóxido de carbono (CO)	2,227 ppm	36	648	1065

**Asumiendo que el 97 % de los obradores (ladrilleras) generan en promedio estas emisiones. La EPA reporta 10 kg arrojados de PST por cada 100 Kg de llantas quemadas.

En el Cuadro 5 muestra que en la quema de llantas el Monóxido de carbono (CO) es el contaminante que más se emite hacia la atmósfera con un promedio de 2,227 ppm. en cada quema. Así también se identificaron otros contaminantes tales como partículas sólidas totales, óxidos de azufre y bióxido de azufre.



Figura 4. Fotografía de llantas tomada en un tiradero a cielo abierto a un costado de las ladrilleras en operación en Saltillo, Coahuila.

6.6 Constituyentes del aceite automotriz usado

La EPA en su reporte 530-R-99-070 establece que si el aceite esta dentro de las siguientes especificaciones puede ser quemado para recuperación de energía.

Fuente. EPA, 2005.

CUADRO 6. CONSTITUYENTES DEL ACEITE AUTOMOTRIZ USADO Y NIVEL EN PPM REALIZADOS POR LA EPA

CONSTITUYENTE	NIVEL MÁXIMO PERMISIBLE
	ppm
Arsénico	5
Cadmio	2
Cromo	10
Plomo	100
PCB's	50

Fuente. EPA, 2005.

En el cuadro 6 la Agencia de protección Ambiental (EPA) hace referencia a los constituyentes del aceite automotriz usado, siendo el plomo de más cantidad con 100 ppm por cada litro quemado. Los Bifenilos Policlorados (PCB's) emiten hacia la atmósfera 50 ppm, sin embargo en la actualidad los PCB's están erradicados, solo algunos transformadores de electricidad utilizan aceites con PCB's.

CUADRO 7. CONSTITUYENTES Y CONCENTRACIONES DEL ACEITE AUTOMOTRIZ USADO SEGÚN DATOS DE LA SEMARNAT (2002).

CONSTITUYENTES	PROMEDIO	MÁXIMO
Azufre	0.75%	1 %
Cloro	0.1%	0.3%
Fluor	50 ppm	80 ppm
Plomo	300 ppm	350 ppm
Cadmio	1 ppm	15 ppm
Níquel	10 ppm	30 ppm
Cromo	10 ppm	50 ppm
Cobre	10 ppm	50 ppm
Vanadio	25 ppm	50 ppm
Bifenilos Policorados	Normalmente ausentes	10 ppm
Cenizas	0.5%	0.5%
Sólidos Suspendidos	0.5% (tamaño de partículas 50 um)	0.5% (tamaño de partículas 50 um)
Viscosidad	39 ^o C a 40 ^o C	49 centristokes a 40 oC
Gravedad Especifica	0.895 a 15 ^o C	
Punto de Ignición	85 ^o C	
Contenido de Humedad	2.5%	3%
Nitrógeno	Típicamente 01-0.2%	Tipicamente 01-0.2%

Fuente. SEMARNAT, 2002.

En el cuadro 7 la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) muestra de una manera más específica los constituyentes del aceite automotriz usado siendo el plomo con más emisión hacia la atmosfera con un promedio de 300 a 350 ppm de aceite quemado.

Al comparar los Cuadros 6 y 7 se observa que el arsénico está ausente en el Cuadro 7, según la composición del aceite dados por la SEMARNAT (2002), mientras que en el Cuadro 6, el arsénico sí aparece con una concentración máxima permisible de de 5 ppm. El cadmio en promedio concuerda en ambos Cuadros, aunque según datos de la SEMARNAT (2002) , se han encontrado concentraciones máximas de 15 ppm, lo cual rebasa los límites permisibles por la EPA (2005). El cromo tiene un comportamiento semejante al cadmio, la concentración promedio está dentro de los límites permisible y la concentración máxima es mucho mayor hasta 50 ppm. El plomo es el que en mayor concentración se manifiesta ya que tanto el valor promedio como el valor máximo está muy por arriba del máximo permisible. Los PCB' s en promedio están ausentes en el Cuadro 7, pero en la concentración máxima está en 10 ppm, lo cual está por debajo del nivel máximo permisible según EPA (200%). Por lo que se ve también el aceite automotriz usado al quemarlo también contamina (sobre todo el plomo), sin embargo es menos contaminante que la quema de las llantas usadas. En los datos aquí presentados no existe información sobre los límites promedio y límites máximos permisibles del CO.

CUADRO 8. PRUEBAS DE QUEMADO CON ACEITE Y CON LLANTA SEGÚN COMIMSA (2002).

EVALUACIÓN	ACEITE	LLANTA
Duración de quema	22 a 27 horas	20 a 26 horas
Tiempo con quemador	16 a 22 horas	-----
Temperatura del obrador	1040 a 1117° C	1000 a 1120° C
Temperatura Carga	815 a 942° C	720 a 750° C
Rechazo en Quemado	4 a 10%	6 a 15%

En el cuadro 8 se muestra la eficiencia de quemar con aceite y con llanta registrándose una duración mayor en el aceite, esto por tener mayor poder calorífico que las llantas (Cuadro 3). En cuanto la temperatura del obrador existe poca diferencia entre ambos tipos de combustible. En relación a la temperatura de carga en el aceite se alcanzan mayores temperaturas comparándolo con las llantas. En cuanto al rechazo en quemado el aceite tiene menos rechazo por parte de los ladrillos.

CUADRO 9. MONITOREOS DE GASES Y PARTÍCULAS EN LA QUEMA DE ACEITE AUTOMOTRIZ USADO Y LLANTAS USADAS.

	Aceite Promedio ppm	Llanta Promedio ppm	Diferencia Llantas/aceite %
PST mg/m ³	16	173	91
NOx ppm	93	192	52
SO ₂ ppm	34	108	58
CO ppm	13	393	97

En el cuadro 9 se muestra que en la quema de llantas el Monóxido de Carbono (CO) es el contaminante que más se emite hacia la atmósfera con un promedio de 393 ppm, valor que rebasa con mucho los límites máximos permisibles, que van de 10 a 15 ppm a una exposición de 8 horas (ATSDR, 2000), mientras que con la quema de aceite es mucho menor la emisión de CO, aunque también es considerable (13 ppm). En relación a la emisión de óxidos de nitrógeno (NOx) se observa que las llantas liberan más este compuesto que la quema del aceite, como es sabido este tipo de gas contribuye a aumentar el efecto invernadero y por lo tanto el incremento de temperaturas en la tierra. En cuanto las partículas sólidas totales (PST) y el dióxido de azufre (SO₂), la quema de aceite emite menos que la quema de llantas con 16 ppm y 173 ppm respectivamente para el caso de las PST, mientras que para el SO₂ fue de 34 ppm y 108 ppm respectivamente. Esto respalda el hecho de que el uso del aceite es menos contaminante que las llantas.

VII.CONCLUSIONES

En base a los resultados se concluye que: la contaminación del aire, en la zona urbana de Saltillo, Coahuila ocurre principalmente donde se ubican las ladrilleras y es debido a la quema incontrolable de llantas usadas para la producción de ladrillo.

Dicha contaminación se manifiesta en el deterioro del estado de salud de los habitantes aledaños al área.

La propuesta de cambiar la quema de llantas usadas por la quema de aceite usado para la producción de ladrillos, está respaldada en el hecho de que este tipo de combustible es menos contaminante que la quema de llantas usadas, ya que se reduce en forma significativa la emisión de CO, SO₂, PST y NO_x. Mejorando tanto las condiciones de trabajo como la calidad de vida tanto de los ladrilleros como de los habitantes aledaños.

El uso de aceite automotriz usado como combustible alterno ayuda a reducir el problema de emisiones a la atmósfera, la descarga de cenizas a los arroyos y reduce las descargas de aceites a los drenajes al incrementarse su captación. Aunque es claro, que el aceite quemado tampoco es una solución definitiva a la contaminación producida por la quema de llantas, el problema ecológico ocasionado a los componentes del ecosistema incluida la población humana se ve reducido.

Por el impacto ambiental, ecológico y daños a la población la quema de llantas deberá ser totalmente suspendida.

En base a esos resultados y conclusiones se hacen las siguientes recomendaciones:

-Reubicar las ladrilleras en un área alejada de los centros de población humana.

-Continuar con los monitoreos tanto de la emisión de los contaminantes como del estado de salud de los habitantes y de los ladrilleros.

-Buscar otras alternativas de combustión todavía menos contaminantes.

-Regular y vigilar legalmente la edad y sexo de los ladrilleros, ya que desde temprana edad tanto hombre como mujeres desarrollan esta actividad.

-Regular y vigilar el uso del aceite quemado como alternativa de combustible para la fabricación de los ladrillos.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

ATSDR, 2001. [En línea]. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profiles. Toxicological Profile for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Atlanta, GA, 2000 <http://www.atsdr.cdc.gov> (Consulta 5 Septiembre, 2004).

ATSDR, 2003. [En línea]. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Reseña Toxicológica del Mercurio. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE.UU., Servicio de Salud Pública. <http://www.atsdr.cdc.gov/es/> (Consulta 2 de Febrero, 2006).

ATSDR, 2003. [En línea]. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Reseña Toxicológica del Cromo. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE.UU., Servicio de Salud Pública. <http://www.atsdr.cdc.gov/es/> (Consulta 2 de Febrero, 2006).

ATSDR, 2003. [En línea]. Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Reseña Toxicológica del Vanadio. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE.UU., Servicio

de Salud Pública. <http://www.atsdr.cdc.gov/es/> (Consulta 2 de Febrero, 2006).

ATSDR, 2000. [En línea]. Agency for Toxic Substances and Disease Registry Toxicological Profiles. Toxicological Profile for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Atlanta, GA, 2000. <http://www.atsdr.cdc.gov> (Consulta 5 Septiembre, 2004).

COMIMSA, 2002. [En línea]. Corporación mexicana de Investigación en Materiales. <http://www.comimsa.com.mx>. (Consulta 8 Septiembre, 2004).

COMIMSA - INE, 2002. [En línea]. Corporación Mexicana de Investigación en Materiales e Instituto Nacional de Ecología. Toneladas de combustibles consumidos en Julio del 2002 para la elaboración de ladrillos y losetas de barro. <http://www.comimsa.com.mx> (Consulta 12 Octubre, 2004).

Ecoportal, 2006. [En línea]. Metales Pesados, Ambiente y Salud Revista de divulgación. www.ecoportal.net/content/view/full/37424 (Consulta 2 de Febrero, 2006).

EPA, 2005. [En línea]. Agencia de Protección Ambiental. Studies of Emissions by it burn of tires in the bricks. EPA, Washington D.C. <http://www.epa.gov>. (Consulta 23 Octubre, 2004).

EPA, 2000. [En línea]. Agencia de Protección Ambiental. Desechos de llantas por habitante en Estados Unidos. <http://www.epa.gov>. (Consulta 3 Noviembre, 2004).

EPA, 2004. [En línea]. Agencia de Protección Ambiental Office of Research and Development Environment. Control Technologies for Hazardous Air Pollutants for the production of cement. Register EPA/625/6-91/014, Washington, D.C. <http://www.epa.gov>. (Consulta 13 Noviembre 2004).

EPA, 2005. [En línea]. Agencia de Protección Ambiental Office of Air Quality Planning and Standards. Control Techniques for Volatile Organic Emissions from Stationary Sources. Register EPA-453/R-92-018, Research Triangle Park, NC. <http://www.epa.gov>. (Consulta 16 Noviembre, 2004).

EPA, 2000. [En línea]. Agencia de Protección Ambiental Problem contamination world by the layer of ozono. <http://www.epa.gov>. (Consulta 23 Noviembre, 2004).

EPA, 2005. [En línea]. Agencia de Protección Ambiental. Emisiones al aire de la combustión de llantas usadas Office of Research & development. EPA register 600/R-05-115. <http://www.epa.gov>. (Consulta 29 Noviembre, 2004).

EPA, 2005. [En línea]. Agencia de Protección Ambiental. Determinación del constituyente del aceite automotriz usado. <http://www.epa.gov>. (Consulta 13 Diciembre, 2004).

FAO, 2004. [En línea]. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Soil heavy metals <http://www.fao.org/gtos/tems/variableShowjsp?VARIABLEID=43> (Consulta 2 de Febrero, 2006).

González E., 2004. En Construcción de una Mejor Educación Ambiental. Revista de divulgación e información "Impulso Ambiental" No. 28. p 43. México, D.F.

INE, 2005. [En línea]. Instituto Nacional de Ecología. Incremento de la quema de llantas en un 75 % en las ladrilleras de Saltillo, Coahuila. <http://www.ine.gob.mx>. (Consulta 16 Febrero 2005).

INE, 2001. [En línea]. Instituto Nacional de Ecología. Generación aproximada de llantas usadas en México. <http://www.ine.gob.mx>. (Consulta 16 Febrero 2005).

INE, 2000. [En línea]. Instituto Nacional de Ecología. Desechos de llantas por habitante en México. <http://www.ine.gov>. (Consulta 3 Noviembre, 2004).

INE, 2001. [En línea]. Instituto Nacional de Ecología. Estudios realizados por el Instituto Nacional de Ecología para conocer el impacto ambiental de la quema de llantas. <http://www.ine.gob.mx>. (Consulta 11 Marzo 2005).

INE, 2002. [En línea] Instituto Nacional de Ecología. Foro Nacional en lo que concierne a los combustibles y residuos peligrosos utilizados como combustibles alternos.

INE, 1996-2000. [En línea] Instituto Nacional de Ecología Programa para la Minimización y Manejo Integral de Residuos Industriales Peligrosos en México. <http://www.ine.gob.mx>. (Consulta 19 Abril, 2005).

- INE, 2000. [En línea]. Instituto Nacional de Ecología. Cantidades de Residuos Peligrosos en los distintos sectores de la República Mexicana. <http://www.ine.gob.mx>. (Consulta 28 Abril, 2005).
- INE, 2000. [En línea]. Instituto Nacional de Ecología. Distintas formas de generación de llantas usadas. <http://www.ine.gob.mx>. (Consulta 13 Diciembre, 2004).
- INE, 1999. [En línea]. Instituto Nacional de Ecología. Prevención y Preparación de los Residuos Peligrosos en México. <http://www.ine.gob.mx>. (Consulta 22 Mayo, 2005).
- INE, 1997. [En línea]. Instituto Nacional de Ecología. Programa de Gestión Ambiental de Sustancias Tóxicas de Atención Prioritaria. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. <http://www.ine.gob.mx>. (Consulta 28 Mayo, 2005).
- INE, 2005. [En línea]. Instituto Nacional de Ecología. Manual de buenas prácticas para el manejo de los aceites automotrices usados. <http://www.ine.gob.mx>. (Consulta 20 Marzo 2005).
- INE, 2000. [En línea]. Instituto Nacional de Ecología. Generación de aceites usados en México. <http://www.ine.gob.mx>. (Consulta 20 Marzo 2005).

INE, 2002. Instituto Nacional de Ecología. 19 sitios de ubicación den ladrilleras con un número variable de ladrilleras.

INE, 2004. Instituto Nacional de Ecología. Estimación de ladrilleras en operación en Saltillo, Coahuila.

INE, 2005. [En línea]. Instituto Nacional de Ecología. Comparación del aceite usado y llantas usadas para conocer la diferencia del poder calorífico de cada uno. <http://www.ine.gob.mx>. (Consulta 26 Septiembre, 2004).

INE, 2002. [En línea]. Instituto Nacional de Ecología. Destrucción y Manejo de llantas usadas. <http://www.ine.com.mx> (Consulta 19 Octubre, 2004).

INEGI, 2000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Geografía de Saltillo, Coahuila, Talleres Gráficos del INEGI, Saltillo, Coahuila, México.

INEGI, 2002. [En línea]. Instituto Nacional de Geografía Estadística e Informática. Ubicación de las ladrilleras en Saltillo, Coahuila. <http://www.inegi.gob.mx>. (Consulta 18 Junio, 2005).

INEGI, 2002. [En línea]. Instituto Nacional de Geografía Estadística e Informática. Censo de Ladrilleras Realizado en el mes de Julio del 2002 en Saltillo, Coahuila. <http://www.inegi.gob.mx>. (Consulta 18 Junio, 2005).

INEGI, 2002. [En línea]. Instituto Nacional de Geografía Estadística e Informática. Relación de precios de los ladrillos y losetas de barro para construcción. <http://www.inegi.gob.mx>. (Consulta 26 Junio, 2005).

INEGI, 2002. [En línea]. Instituto Nacional de Geografía Estadística e Informática. Censo de personas dedicadas a la construcción de ladrillo y losetas de barro en Saltillo, Coahuila. <http://www.inegi.gob.mx>. (Consulta 28 Junio, 2005).

Lemieux, P. y D. Marini, 2002. [En línea]. Mutagenicity of Emissions from the Simulated Open Burning of Scrap Rubber Tires. U.S. Environmental Protection Agency, Control Technology Center, Office of Research and Development, EPA-600/R-92-127 <http://www.epa.gov/ttn/atw/smbus.pdf> (Consulta 8 Julio, 2005).

Lemieux, P. y M. Ryan, 2001. [En línea]. Characterization of Air Pollutants Emitted from a Simulated tires used Fire. Journal of the Air and Waste Management Association.

<http://www.pollutionengineering.com/archives/2001/pol0901.97adw1f0.htm> (Consulta 10 Julio, 2005).

Malcolm, P. 2001. [En línea]. Air Emissions Associated with the Combustion of tires used for Energy Recovery, prepared for Ohio Air Quality Development Authority.
<http://www.gcisolutions.com/895tn.htm> (Consulta 21 Julio, 2005).

Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 2001. [En línea]. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo Copyright de la Edición española.
<http://www.mtas.es/insht/EncOIT/pdf/tomo2/63.pdf>. (Consulta 23 de Julio, 2003).

PROFEPA - SEMARNAT, 2000-2002. [En línea]. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente y Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Regulación y Gestión de Residuos peligrosos en la producción de ladrillo. www.profepa.gob.mx,
<http://www.semarnat.gob.mx> (Consulta 24 Julio, 2005).

SEMARNAT, Marzo-Abril 2004. Comunicado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la cual miente sobre la generación de dioxinas en hornos cementeros. Revista de divulgación e información "Impulso ambiental" No. 22. p 40. México, D. F.

SEMARNAT, 2003. [En línea]. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Daños a la Salud de los PCB's. www.semarnat.gob.mx/dgmic/bpc/contenido.shtml (Consulta 23 de Julio, 2003)

SEMARNAT, 2005. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales [En línea]. Alternativa para la solución de llantas usadas en Saltillo, Coahuila. <http://www.semarnat.gob.mx> (Consulta 12 Agosto, 2005).

SEMARNAT - INE, 1998-2002. Programa de Gestión de la Calidad de residuos en México. Revista de divulgación e información "Impulso Ambiental" No. 18. p 46.

SEMARNAT, 2002. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Constituyentes del aceite automotriz usado realizados por la SEMARNAT.

TRC, 2003. [En línea]. Environmental Corporation Analysis of the Ambient Monitoring Data in the Vicinity of Open Tire Fires. EPA- 453/R-93-029 U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC,

<http://www.epa.gov/ttn/catc/cica/cicaeng.html>. (Consulta 18
Noviembre, 2005).

Tittanen, P., Timonen, K.L., Ruuskanen, J., Mirme, A., y J Pekkanen,
2004 [En línea] Fine particulate air pollution, resuspended road dust
and respiratory health among symptomatic children. [http://
www.texascenter.org/tires/sospecha2.pdf](http://www.texascenter.org/tires/sospecha2.pdf). (Consulta 23 Octubre,
2005).

UNECE, 2004. [En línea]. Aarhus Protocol on Heavy Metals. U.S.
Department of Labor Toxic metals.
www.unece.org/env/lrtap/hmh1.htm (Consulta 2 de Febrero, 2006).