



# Entre humo y arcilla:

contaminación ambiental  
y sobrevivencia humana  
en la producción artesanal  
de ladrillos



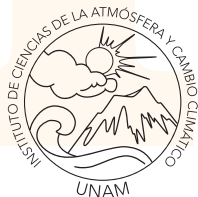
Joaquín Antonio Quiroz Carranza  
Citlalli Cantú Gutiérrez  
Rocío García Martínez



# **Entre humo y arcilla:** contaminación ambiental y sobrevivencia humana en la producción artesanal de ladrillos

Joaquín Antonio Quiroz Carranza  
Citlalli Cantú Gutiérrez  
Rocío García Martínez

2021



*Entre humo y arcilla: contaminación ambiental y sobrevivencia humana en la producción artesanal de ladrillos.*  
Joaquín Antonio Quiroz Carranza, Citlalli Cantú Gutiérrez y Rocío García Martínez.

ISBN: 978-607-30-5227-6

Primera edición: diciembre 9 2021

© Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México

Diseño y formación de portada e interiores:  
Pietro Villalobos Peñalosa

Cuidado editorial: Claudio M. Amescua García

Hecho en México

Se permite la reproducción total o parcial de esta obra siempre y cuando sea sin fines de lucro y se cite la fuente de manera completa. Licencia CC-BY-NC.

<b>Prólogo</b> .....	<b>1</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>8</b>

## **Capítulo 1**

<b>1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA REGIÓN</b> .....	<b>13</b>
<b>TEQUISQUIAPAN</b> .....	<b>17</b>
San Nicolás .....	21
Bordo Blanco .....	22
<b>EL MARQUÉS</b> .....	<b>23</b>
Jesús María Barrientos .....	24
La Griega .....	25
<b>SAN JUAN DEL RÍO</b> .....	<b>25</b>
Visthá .....	27
San Pedro Ahuacatlán .....	27
<b>SANTIAGO DE QUERÉTARO</b> .....	<b>28</b>
La Solana .....	29
<b>PEDRO ESCOBEDO</b> .....	<b>30</b>
<b>1.2 ANTECEDENTES HISTÓRICOS</b> .....	<b>31</b>
<b>1.3 EL ORIGEN DE LOS LADRILLOS ROJOS RECOCIDOS</b> .....	<b>33</b>

## **Capítulo 2**

<b>2. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LADRILLOS EN LOS HORNOS LADRILLEROS</b> .....	<b>38</b>
<b>2.1. Características físicas y propiedades mecánicas de los ladrillos rojos</b> .....	<b>44</b>
<b>2.2 Los hornos ladrilleros en México</b> .....	<b>46</b>
Procesos y condiciones de trabajo durante la fabricación de ladrillos artesanales .....	50
Obtención de la materia prima .....	52
Corte de la mezcla .....	53
Preparación de la “moldera” y del “polvillo” .....	54
Oreado, “canteo” y apilado de los ladrillos .....	56
Proceso, preparación y producto final .....	57

<b>2.3 Riesgos presentes en el proceso de elaboración artesanal de ladrillos</b> .....	<b>65</b>
<b>2.4 Tecnología empleada y niveles de eficiencia</b> .....	<b>71</b>

### **Capítulo 3**

<b>3. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA</b> .....	<b>75</b>
<b>3.1 Contaminación ambiental a nivel internacional</b> .....	<b>77</b>
<b>3.2 Contaminación ambiental en México</b> .....	<b>80</b>
<b>3.3 Contaminación ambiental en Querétaro</b> .....	<b>82</b>
<b>3.4 Partículas atmosféricas, origen y peligrosidad</b> ..	<b>88</b>
<b>3.5 Contaminación ambiental por compuestos orgánicos persistentes</b> .....	<b>96</b>
<b>3.6 Contaminación ambiental por compuestos orgánicos persistentes en Tequisquiapan y San Juan del Río</b> .....	<b>102</b>

### **Capítulo 4**

<b>4. EL ORIGEN DEL DESASTRE, ASUMIENDO RESPONSABILIDADES</b> ....	<b>106</b>
<b>4.1 La sociedad civil</b> .....	<b>111</b>

### **Capítulo 5**

<b>5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b> .....	<b>116</b>
<b>5.1 Recomendaciones</b> .....	<b>120</b>

<b>Agradecimientos</b> .....	<b>124</b>
------------------------------	------------

<b>Anexo fotográfico</b> .....	<b>124</b>
--------------------------------	------------

<b>Glosario</b> .....	<b>128</b>
-----------------------	------------

<b>Literatura consultada</b> .....	<b>129</b>
------------------------------------	------------

## Prólogo

Entre las ciudades de San Juan del Río y Tequisquiapan, en el estado de Querétaro, se encuentran cinco localidades: San Pedro Ahuacatlán y Visthá, pertenecientes al municipio de San Juan del Río y Santa María del Camino, Bordo Blanco y San Nicolás, que corresponden al municipio de Tequisquiapan. Estas localidades se caracterizan físicamente por sus viviendas de ladrillo rojo recocido, sus calles empedradas o de tierra suelta, y por su principal actividad económica: la producción artesanal de ladrillos.

En estas cinco localidades funcionan 546 hornos ladrilleros artesanales, que representan el 72.3 % del total de hornos ladrilleros del estado de Querétaro. En estos hornos los procedimientos de fabricación son diversos, se utilizan mezclas de materiales diferentes y varios tipos de combustibles. En cada localidad las formas de organización y las relaciones sociales cambian, dándoles una particularidad específica. En cada horno laboran en promedio seis o siete trabajadores, quienes producen alrededor de 12 mil ladrillos al mes. Sólo en la localidad de San Nicolás se encuentran 251 unidades de producción ladrillera.

Mientras se recorren los caminos y calles de estas localidades, surgen en la mente preguntas, muchas de las cuales no tienen una respuesta fácil, por lo que es necesario indagar y sistematizar información. Por ejemplo ¿cómo creció el número de hornos ladrilleros en la región?, ¿cuántos años tiene esta actividad?, ¿sus formas de producción y organización son similares en las distintas localidades?, ¿todos los ladrilleros usan combustibles similares?, ¿la contaminación local tiene un origen común?, ¿cómo ha evolucionado el proceso tecnológico? y muchas interrogantes más.

De la misma forma, al ir caminado por las calles empedradas o de tierra suelta, mientras el rostro se quema con el sol y la garganta se irrita por el polvo y el humo, se observa que durante la temporada seca se levantan las tolvaneras, dispersando polvos que muestran como el suelo de estos sitios ha sufrido cambios, los cuales originalmente estaban cubiertos de tierra negra de cultivo, porciones vegetales y

sembrados diversos. Lamentablemente, la extracción de arcilla, el uso de materiales residuales como combustibles en los hornos ladrilleros, el continuo tránsito vehicular y la industria regional han contribuido a que el suelo, el agua y el aire cambien su composición natural.

En los hornos ladrilleros de esta región de Querétaro laboran aproximadamente 3300 trabajadores, en muchos de los casos acompañados de sus hijos. Los productores realizan sus labores en condiciones adversas: sin instalaciones y equipos adecuados, bajo condiciones meteorológicas difíciles, carecen de seguridad social, laboran jornadas de 12 ó más horas diarias, durante las cuales los riesgos mecánicos, físicos, químicos y de salud son elevados, todo ello en condiciones de tensión, esfuerzo fisiológico y angustia permanente.

Adicionalmente, los productores ladrilleros tienen que enfrentar los clásicos problemas de la economía local, nacional y global: monopolios en el suministro de materiales y combustibles, intermediarios en la comercialización de sus productos, tráfico de influencias políticas y uso de la fuerza pública en beneficio de unos pocos.

En cada horno los seis o siete trabajadores reúnen los materiales básicos y preparan la argamasa o mezcla con arcilla, agua y otros materiales; cada mes fabrican cerca de 10 mil ladrillos, mismos que venden entre \$1.2 y \$1.6 pesos por pieza, precio fijado por los industriales de la construcción o los intermediarios locales. El ingreso bruto por horno al mes es de aproximadamente \$12,000.00 a \$16,000.00 pesos, que si fuera distribuido equitativamente entre los trabajadores, sólo alcanzarían entre \$1700 a \$2670 pesos mensuales cada uno.

En México nadie puede vivir con un ingreso mensual tan bajo, monto al que se le tiene que descontar el costo de los materiales y la reparación de horno, entre otros. Para lograr un beneficio económico relativo, los productores ladrilleros deben disponer de combustibles de bajo costo, entendiéndose por combustible a cualquier sustancia o compuesto susceptible de ser quemado. Los ladrilleros utilizan diversos materiales como combustibles, por ejemplo aceites automotrices



residuales, neumáticos fuera de uso, envases de plástico, residuos sólidos y líquidos, aserrín, madera residual, fibras sintéticas y naturales, residuos industriales, mezclas de solventes, basura, residuos biológico-infecciosos, entre muchos otros. El uso de cualquiera de los materiales anteriormente mencionados depende del conocimiento, conciencia ambiental y características organizacionales de los productores.

La simple acción de entregar residuos industriales peligrosos o biológico-infecciosos a un particular no registrado en la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), viola la legislación ambiental mexicana, y pone en entredicho la capacidad de las autoridades municipales, estatales y federales para salvaguardar el ambiente natural, y respetar las garantías individuales y otros artículos fundamentales de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, así como las leyes generales, los convenios y tratados internacionales y los reglamentos y Normas Oficiales Mexicanas (NOM).

El resultado del sistema de producción artesanal de ladrillos es, por una parte, la acumulación desorbitada de ganancias en aquellos que monopolizan la comercialización de combustibles o minerales (materias primas para la elaboración de ladrillos), así como de los grandes industriales y comerciantes de la construcción, y por la otra, la desolación ambiental: sólo queda un páramo yermo, cuyo suelo horadado da la impresión de un paisaje lunar, pequeños y grandes cráteres, cauces de agua contaminada y grandes cantidades de partículas y gases en la atmósfera, así como empobrecimiento económico de los pobladores y decaimiento de la salud pública.

El suelo, el agua y el aire de la patria no únicamente están profanados por la avaricia de los caciques locales y nacionales, sino que están degradados y contaminados física y químicamente. De la misma forma el ambiente social y la salud humana se deterioran paulatina e inexorablemente por la voracidad del capital inmobiliario, industrial y comercial.

Un caso emblemático en la historia oculta de la producción de ladrillos en México es el famoso *Parque Hundido*

ubicado entre las calles Insurgentes Sur, Porfirio Díaz y Millet, en la colonia Extremadura Insurgentes de la Ciudad de México. Este predio originalmente fue ocupado por la Compañía Ladrillera *La Noche Buena* la cual extrajo una gran cantidad de arcilla de ese sitio durante el siglo XIX, provocando un desnivel de varios metros y que hoy le da al parque su característica fundamental: estar hundido.

En 1893, se plantó una gran cantidad de árboles en el predio La Noche Buena que en el siglo XX se nombró popularmente *Parque Hundido*; posteriormente, durante en el sexenio de Luis Echeverría Álvarez (1970-1976), se nombró parque *Luis G. Urbina*. Este parque es una evidencia del esfuerzo que es necesario realizar para minimizar el daño ambiental provocado por la extracción indiscriminada de recursos minerales.

Los procesos que giran en torno a la producción de ladrillos artesanales violan la legislación mexicana en materia ambiental, así como la laboral; por una parte las empresas generadoras de residuos tóxicos peligrosos y biológico-infecciosos deben, por obligación, entregarlos a empresas certificadas para su disposición o confinamiento; entregarlos para su combustión informal es totalmente ilegal. De la misma forma las instituciones municipales, estatales y federales incumplen convenios y tratados internacionales, reglamentos y Normas Oficiales Mexicanas que por ser aprobados por el poder legislativo son de cumplimiento obligatorio en todo el territorio nacional. Los industriales de la construcción, al fijar, formal o informalmente, un precio subvaluado al ladrillo rojo y otros productos de barro, y usarlos como insumo, causan un profundo deterioro ambiental y social, al convertir los pasivos ambientales y sociales en ganancia neta.

El sistema que envuelve la producción artesanal de ladrillos es un proceso que transforma los pasivos ambientales y sociales en ganancia de los capitalistas del sector constructivo y de aquellos que monopolizan los insumos, ya que el costo económico del deterioro ambiental como erosión del suelo, contaminación del agua y el aire, así como la degradación social, se transfiere en forma de plusvalía a los grandes industriales de la construcción y comercializadores de materiales del ramo.

En esta situación de contaminación ambiental y empobrecimiento social, se aprecia claramente la contradicción fundamental de nuestra época entre el capital y el ambiente natural y social. Contradicción que sólo puede ser resuelta por la sociedad civil organizada e informada, pues es ella la única capaz de obligar a los representantes de elección popular: diputados, senadores, alcaldes, gobernadores o ejecutivo federal, a resolver de forma expedita esta situación, pues es de incumbencia federal y estatal ya que existen más de 10 mil hornos ladrilleros dispersos en 29 entidades de la República Mexicana, miles de familias sobreviven con esta labor, la salud de cientos de miles de habitantes se ve afectada y el ambiente natural contaminado.

Existen diversas evidencias históricas de esta problemática, particularmente, la pintura de la artista mexicana Frida Kahlo titulada *Hornos ladrilleros* que pintó en 1954, muestra esta actividad productiva. Actualmente la pintura se expone en el museo que lleva el nombre de la artista, conocido como la *Casa Azul* en Coyoacán, Ciudad de México.

Asimismo, existen evidencias que explican el daño en ocasiones irreversible a la salud humana y a los ecosistemas acuáticos y terrestres, causado por las emisiones derivadas de la combustión de residuos urbanos y sustancias tóxicas peligrosas. Estas evidencias han sido publicadas por científicos mexicanos, así como por académicos de universidades extranjeras.

También es evidente que la fabricación artesanal de ladrillos se desarrolla bajo un esquema de atraso tecnológico, ineficiencia energética e inequidad social, pues esta actividad es realizada por quienes carecen de otras alternativas laborales y dependen de ella para satisfacer parcialmente sus necesidades, cuando es obligación de los tres niveles de gobierno el fomento de empleos suficientes, bien remunerados y seguridad social.

En este libro se describen las condiciones ambientales, sociales y económicas de la producción en los hornos ladrilleros, particularmente en las localidades de San Nicolás y Bordo Blanco, ubicadas en el municipio de Tequisquiapan,

Querétaro, que a su vez reflejan la situación que se presenta en diversas localidades de Querétaro y en cientos de localidades distribuidas en la República Mexicana donde se desarrolla la producción ladrillera artesanal.

Mucho se ha dicho, en los diarios locales y en diferentes foros ambientalistas, sobre el impacto ambiental y en la salud humana de la microindustria ladrillera artesanal. Los epítetos generalizan y no proponen acciones concretas que contribuyan a buscar y aplicar emprendimientos novedosos para hacer más digna esta actividad productiva, impulsando otras que permitan ingresos a los pobladores o bien faciliten información a los ladrilleros para mejorar su proceso o hacer de esta actividad una forma más amigable con el ambiente, justa y equitativa, para que contribuya a mejorar las condiciones de vida de los habitantes, sin causar efectos nocivos al ambiente natural y a la salud humana.

En general, las políticas públicas diseñadas deberían considerar un criterio de selección de los sectores a beneficiarse, fijar objetivos, prioridades y articular esas acciones con otras políticas existentes. Con este trabajo se pretende realizar un diagnóstico para identificar las limitantes en el sector ladrillero del estado de Querétaro. Los temas que aborda este diagnóstico son la descripción general de la región, los aspectos geográficos y socioeconómicos, el origen de los ladrillos rojos recocidos, los hornos ladrilleros en México, los procesos y condiciones de trabajo, los beneficios económicos y laborales, la tecnología empleada, la contaminación atmosférica, la contaminación ambiental y la legislación ambiental y Normas Oficiales Mexicanas de Calidad del Aire.

Uno de los objetivos principales de este trabajo es contribuir al conocimiento de la situación urbana y ambiental de las familias que se dedican a esta actividad en Querétaro, para que la sociedad civil tome conciencia, forme su propia opinión y genere los argumentos necesarios para cumplir con su función transformadora y crítica de la República, recuperando su capacidad para salvaguardar su ambiente natural, patrimonio histórico de la nación, derecho constitucional prescrito en la Carta Magna.

Este libro se divide en cinco capítulos, en el primero se describe, de forma general, las características de los municipios y localidades de Querétaro con actividad ladrillera. En el segundo capítulo se explica el procedimiento de fabricación artesanal de ladrillos y se describen los procesos de cocimiento en los hornos. En el tercero se discuten los efectos nocivos sobre la salud humana y los ecosistemas de los contaminantes atmosféricos emitidos por la combustión de los hornos. En el cuarto se habla de los orígenes de la problemática ambiental, las repercusiones en las localidades presentadas, así como propuestas para mejorar los procesos de producción y finalmente, en el quinto capítulo, se hace una discusión y se listan las conclusiones sobresalientes.

Los autores consideramos que para facilitar la lectura del libro era importante utilizar un lenguaje sencillo, poco técnico y casi omitir las citas puntuales, pero se reconocen las obras revisadas al final, en la sección de Literatura consultada.

# INTRODUCCIÓN

*Viva el harapo, señor, y la mesa sin mantel.  
Viva el que huela a callejuela, a palabrota y taller.*

Silvio Rodríguez, “*En harapos*”

El uso de un horno ladrillero artesanal implica una tecnología utilizada en microempresas dedicadas a la elaboración de diversos productos cuyo insumo fundamental es el barro, en ellas se fabrican los clásicos ladrillos rojos recocidos, además de losetas, tejas, cuñas y otros materiales básicos para la industria de la construcción.

Los llamados hornos ladrilleros son la base tecnológica de microempresas de carácter familiar, caracterizados por un funcionamiento irregular, carecen de registro ambiental y fiscal, no poseen nombre formal, ni otro reconocimiento, excepto el de unidad económica, dado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en el Censo de Población y Vivienda. De acuerdo con el Censo Económico 2009 del INEGI, en el país había 10 mil 251 unidades económicas de fabricación de ladrillos, aunque la Red de Información de Productores de Ladrillos (Red Ladrilleras) estima que en México existen 16 mil 953 unidades de producción. Se trata, entonces, de un sector de gran impacto económico que a la fecha sigue realizando la fabricación de ladrillos bajo un proceso artesanal altamente contaminante.

En este libro se abordará la problemática ambiental, económica y social en torno a la producción de los hornos ladrilleros en las localidades a lo largo de los municipios al suroeste del estado queretano, en particular del municipio de Tequisquipan. Este acercamiento se hace desde una perspectiva de responsabilidad ambiental integral y no como convencionalmente lo hacen las instituciones gubernamentales que únicamente plantean soluciones tecnológicas o normativas.

Ya que un problema complejo requiere invariablemente un análisis integral y propuestas holísticas.

Para lograr lo anterior se ha consultado la información más reciente, con la finalidad de conjuntar diversos elementos que están dispersos en la literatura especializada, poco accesible a la sociedad civil, y que deben estar presentes en la toma de decisiones de este sector, así como de las instituciones gubernamentales.

En este contexto se ha dialogado con productores ladrilleros y se ha compartido con ellos el trabajo de elaboración de ladrillos, bajo las condiciones normales, con la finalidad de vivenciar esta actividad y valorizarla.

De esta forma, el análisis del desarrollo de esta actividad se emprende considerando la responsabilidad ambiental de productores, empresarios, funcionarios gubernamentales, comerciantes de la construcción, intermediarios, así como de los usuarios y la sociedad civil. Se identifica la distribución inequitativa de los beneficios económicos derivados de la producción y comercialización de ladrillos y el reparto no homogéneo de los daños y perjuicios como elemento central de este conflicto entre el capital y el ambiente socioeconómico y natural.

Cabe mencionar que México se encuentra en una situación muy atrasada respecto a sus pares de América Latina, pues países como Brasil, Chile, Argentina, Colombia, Perú y Bolivia lo superan en estrategias de la producción. La actividad ladrillera en México es un sector relevante de la economía, tiene una importante función social, ya que es un sector que absorbe una gran cantidad de mano de obra familiar en el país. Sin embargo, los altibajos nacionales, los drásticos cambios financieros y las transformaciones políticas, económicas y sociales no han hecho fácil el camino y desarrollo de esta actividad. El análisis del sector y de las circunstancias del país que han condicionado su desarrollo representan un reto.

Es así que investigamos la elaboración artesanal y la fabricación industrial de productos alternos en el país, así como la oferta y la demanda para tener una comprensión del mercado, como base para que en el futuro la autoridad federal

decida la viabilidad económica de llevar a cabo un proyecto piloto integral que contribuya a resolver el problema de contaminación que generan las ladrilleras artesanales.

México es signatario de acuerdos y convenios internacionales que prohíben el uso, manejo, generación y dispersión de diversos contaminantes; entre estos acuerdos y convenios están el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), hasta el 2018, el Acuerdo para la Cooperación Ambiental de América del Norte (ACAAN), la iniciativa para el Manejo Adecuado de Sustancias Químicas (MASQ) y el Convenio de Estocolmo, entre otros. Asimismo, la legislación federal mexicana ha establecido en materia ambiental la necesidad de controlar, minimizar y evitar las emisiones de contaminantes tóxicos y peligrosos para la salud humana, impulsando la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), en materia de prevención y control de la contaminación de la atmósfera y la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR) y diversas normas oficiales mexicanas, las cuales establecen los límites máximos de emisión de sustancias contaminantes a la atmósfera como son: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), ácido clorhídrico (HCl), óxidos nitrosos, ácido sulfhídrico, partículas suspendidas totales (PST), partículas menores a 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>), partículas menores a 2.5 micrómetros (PM<sub>2.5</sub>), arsénico, selenio, cobalto, níquel, manganeso, estaño, cadmio, plomo, cobre, cromo, zinc, mercurio y algunos compuestos orgánicos persistentes como las dioxinas, furanos y bifenilos policlorados.

La LGPGIR establece que los generadores de residuos son responsables de los desechos que produzcan y podrán transferir éstos a empresas especializadas y certificadas, siempre y cuando éstas últimas cuenten con la autorización federal; asimismo, señala que se requiere de autorización por parte de la SEMARNAT para manejar o incinerar residuos peligrosos. La generación de éstos y sus efectos en la salud humana y en los ecosistemas implica una amplia diversidad de factores culturales, políticos, legales, económicos y sociales, entre otros. Por esta razón, su entendimiento y el desarrollo de nuevas tecnologías para reducir o eliminar las emisiones implica un proceso de alta complejidad.



En el plano internacional, a partir del Convenio de Estocolmo los compuestos de alta peligrosidad se han normado para evitar su uso, manejo y dispersión, entre éstos se encuentran los bifenilos, los furanos y las dioxinas. Se reconoce también que la prevención, suspensión de uso y manejo de sustancias tóxicas persistentes implican diversos aspectos socioeconómicos, ambientales, legales, de vigilancia y científico técnicos, entre otros.

Un objetivo más de este libro es difundir la problemática social, económica y ambiental derivada de los procesos productivos en los hornos ladrilleros artesanales en las localidades de Bordo Blanco y San Nicolás, Tequisquiapan, como un ejemplo de lo que ocurre en otras diez localidades de Querétaro y de cientos de ellas dispersas en todo el territorio nacional con similar impacto ambiental y social.

Actualmente, las localidades de Bordo Blanco y San Nicolás son dos de las más importantes por su crecimiento poblacional, lo que implica un incremento en las necesidades y demandas de servicios básicos, provocando un mayor impacto en el deterioro del ambiente.

# Capítulo 1

# 1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA REGIÓN

*Te convido a creerme cuando digo “futuro”  
si no crees en mis ojos, cree en la angustia  
de un grito, cree en la tierra, cree en la  
luvia, cree en la savia.*

Silvio Rodríguez, “Cuando digo futuro”.

El estado de Querétaro se localiza en el centro-este de México. Limita al norte con Guanajuato y San Luis Potosí, al este con San Luis Potosí, al sur con Hidalgo, Estado de México y Michoacán y al oeste con Guanajuato.

En el territorio queretano se conjuntan tres provincias fisiográficas. el Eje Neovolcánico, que influye sobre los municipios del sur de la entidad: Tequisquiapan, El Marqués, San Juan del Río, Santiago de Querétaro, Pedro Escobedo, Amalco de Bonfil, Colón, Corregidora, Ezequiel Montes y Huimilpan. La Meseta Central define la orografía de los municipios del oeste: San Pedro Tolimán y Peñamiller y, al norte, la Sierra Madre Oriental (Sierra Gorda) donde se localizan: San Joaquín, Pinal de Amoles, Landa de Matamoros, Arroyo Seco y Jalpan de Serra.

La provincia del Eje Neovolcánico está formada por llanuras volcánicas que constituyen los valles de Querétaro y San Juan del Río; la Meseta Central está integrada por sierras y llanuras con la presencia de una meseta de lava de estrechas cañadas con presencia de lomeríos de cimas redondeadas; la Sierra Madre Oriental (Sierra Gorda), está formada por un plegamiento de rocas sedimentarias fundamentalmente de calizas y lutitas, su relieve es el más abrupto del estado.

Este estado presenta tres grandes regiones climáticas, relacionadas estrechamente con las tres provincias fisiográficas antes mencionadas. Tiene, en general, un clima templado

subhúmedo con lluvias en verano, presenta un régimen térmico con una variación promedio de 12 a 18 °C y un periodo de sequía intraestival; la precipitación anual oscila entre 630 y 860 mm (De la Torre, 2012).

La región de climas secos y semisecos del centro presenta una oscilación térmica de 7 a 14 °C. Esta región se subdivide en: clima seco-semicálido y se presenta principalmente en los municipios de Peñamiller y San Pedro Tolimán, donde la precipitación anual oscila entre 370 y 470 mm. El área de clima semiseco-semicálido incluye la ciudad de Querétaro, Corregidora, El Marqués, Santa Rosa Jáuregui y en los límites del municipio de Peñamiller con el estado de Guanajuato. El área de clima semiseco-templado predomina en los municipios de Ezequiel Montes, Cadereyta de Montes, Tequisquiapan y San Juan del Río (De la Torre, 2012).

La región de la Sierra Madre Oriental (Sierra Gorda) presenta climas cálidos y semicálidos del norte. El clima cálido-subhúmedo con lluvias en verano abarca áreas de los municipios de Arroyo Seco y Jalpan de Serra con una precipitación anual de 850 mm. El clima semicálido-subhúmedo con lluvias en verano comprende parte de los municipios de Arroyo Seco, Jalpan de Serra, Pinal de Amoles y Landa de Matamoros; la precipitación anual varía entre 773 y 1270 mm (De la Torre, 2012).

El origen geológico de las tres provincias fisiográficas antes mencionadas y los climas presentes en ellas, determinan la formación de unidades de suelo particulares. De esta forma los municipios de Colón, Peñamiller, Tolimán y los de la Sierra Gorda presentan suelos de origen rocoso denominados litosoles (litos: piedra, solum: suelo) los cuales tienen un espesor menor a los 10 cm. Descansan en forma directa sobre el estrato rocoso y presentan diferentes tipos de vegetación como el matorral xerófilo y bosques de coníferas, latifoliadas y bosque tropical caducifolio.

Para el estado de Querétaro, que es una entidad tradicionalmente líder en la fabricación de ladrillos de forma artesanal, es muy útil contar con información sobre recursos geológicos para tener una visión global de sus posibilidades de desarrollo.

Otro de los principales tipos de suelo son los de coloración parda denominados feozems; se localizan en áreas de clima secos, sustentan matorral xerófilo, pastizal y algunas áreas de bosque templado en Colón y Tolimán (Figura 1).



*Figura 1.* Paisaje característico del municipio de San Pedro Tolimán, Sierra Gorda queretana.

Por su parte los suelos que se agrietan y sufren un volteo o vertido, denominados vertisoles, son suelos fértiles de color negro; se encuentran en los municipios de San Juan del Río y Tequisquiapan,

Los suelos que se lavan o deslavan denominados luvisoles, se localizan en áreas de pendientes fuertes en las zonas montañosas de la Sierra Gorda y en una porción de Amealco de Bonfil.

Otro gran grupo de suelos son las rendzinas; se caracterizan por tener altos contenidos de carbonato de calcio y nutrimentos, son de color oscuro y se derivan de rocas sedimentarias. Se distribuyen en los municipios de Cadereyta de Montes, Pinal de Amoles, San Pedro Tolimán y Peñamiller.

Como resultado de las interacciones del suelo, el clima y la orografía, en el territorio de Querétaro se encuentran tres de las 17 provincias florísticas reconocidas para México: Altiplanicie, Sierra Madre Oriental y Serranías meridionales; en las cuales se presentan diversos tipos de vegetación: bosque de coníferas, bosque espinoso, bosque mesófilo de montaña, bosque de encino, bosque tropical caducifolio, bosque tropical subcaducifolio, matorral xerófilo, pastizal, vegetación acuática y subacuática.

En la actualidad, dentro del territorio queretano, se han descrito más de 3300 especies de plantas (978 géneros y 170 familias), muchas de las cuales tienen uso medicinal, forrajero, comestible, artesanal, ornamental y aplicaciones para la conservación y recuperación de suelos. También se han identificado 628 especies de insectos y 690 especies de vertebrados entre los que se encuentran 378 especies de aves, de éstas cerca de 70 son acuáticas, 131 especies de mamíferos, 110 de reptiles, 38 especies de peces y 33 de anfibios.

La gran diversidad vegetal es similar a la descrita para el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, área emblemática con la mayor riqueza biológica de la zona árida y semiárida de Norteamérica, donde se han identificado 2700 especies de plantas agrupadas en 922 géneros y en 189 familias.

La diversidad biológica se debe como causa última a las cualidades biogeográficas, es decir, a su origen geológico, características orográficas, hidrográficas, diversidad climática y edáfica; pero la amplia diversidad de especies domesticadas y manejadas, se debe indudablemente al desarrollo científico, tecnológico y cultural de los pueblos indígenas, que desde hace miles de años habitan esta área geográfica.

Los cinco municipios de Querétaro con presencia de hornos ladrilleros artesanales son: Tequisquiapan, El Marqués, San Juan del Río, Santiago de Querétaro y Pedro Escobedo; poseen 966 localidades y reúnen a 1 287 476 habitantes, lo que representa el 69.3 % de la población del estado (Mapa 1).



Mapa 1. Municipios de Querétaro tratados en este libro. Fuente: Flores-Espinosa, 2019.

## TEQUISQUIAPAN

El municipio de Tequisquiapan se localiza en el sureste del estado de Querétaro. Limita al sur con San Juan del Río, al oeste con Pedro Escobedo, al norte con Ezequiel Montes y al este con el municipio de Tecozautla, Hidalgo. Posee una altitud media de 1880 m snm (metros sobre el nivel del mar) y tiene una extensión territorial de 343.6 km<sup>2</sup>.

El municipio de Tequisquiapan se encuentra situado en la altiplanicie mexicana, al sur de la Sierra Gorda. En esta área se localizan zonas relativamente planas que forman pequeños valles y planicies que se han convertido en áreas de cultivo.

Al sur del municipio pasa el cauce del río San Juan, nombre que toma a su paso por la localidad de San Juan del Río; este río alimenta la presa Centenario y la presa Paso de Tablas en el límite con el estado de Hidalgo. Río abajo se une al río Moctezuma y desemboca en el Golfo de México.

El Río San Juan pertenece a la cuenca del río Moctezuma, que abarca 6508 km<sup>2</sup> del área total del estado. Sus principales

afluentes en suelo queretano, además del río San Juan, son el río Extoraz y los arroyos Seco y Galindo. Sus subcuencas intermedias son las de los ríos Moctezuma, Axtla, Extoraz, Prieto, Arroyo Zarco y el dren Caracol.

Las aguas de esta cuenca se emplean en el distrito de riego San Juan del Río, que abarca porciones de los municipios de Pedro Escobedo, Tequisquiapan y Amealco, así como el que le da su nombre. En la mayor parte de la región del municipio afloran rocas ígneas extrusivas y sedimentarias. Las rocas ígneas extrusivas son riolitas y basaltos, con sus correspondientes derivados piroclásticos, es decir, compuestos formados bajo la acción del calor.

El clima de Tequisquiapan es templado, con dos épocas bien definidas al año. La precipitación pluvial se da en los meses de junio a octubre, en tanto que la temporada de secas comprende los meses de noviembre a abril, en mayo hay lluvias aisladas. El periodo de precipitación pluvial es de 78 días al año con una media anual de 511.8 mm. Los veranos son cálidos y el invierno no es extremo, con temperatura media anual de 17.5 °C. Los vientos dominantes son del noreste-suroeste. Las heladas se presentan en los meses de octubre a febrero y esporádicamente en marzo y a fines de septiembre.

Los recursos mineros del municipio que se explotan son yacimientos minerales no metálicos. El ópalo y el caolín son los más importantes. Los yacimientos de ópalo con mayor renombre se encuentran al suroeste de la cabecera municipal en la pequeña cordillera de la localidad La Trinidad.

La topografía se caracteriza por ser terreno plano, a veces ligeramente ondulado, con suelos de tipo feozem a vertisol, de textura media y fina respectivamente, compuesta con arena y arcilla; además de sedimentos terciarios que se encuentran intercalados con riolitas y basaltos, formando capas de suelo que determinan la existencia de mantos acuíferos de agua termal.

El municipio de Tequisquiapan aglutina 102 localidades, con una población total de 63413 habitantes. La cabecera



municipal es Tequisquiapan y tiene una población de 29 799 habitantes, le sigue San Nicolás con 5576 habitantes, 12 localidades con poblaciones de entre 571 y 4272 habitantes y las restantes tienen poblaciones menores a 420 habitantes.

Este municipio presenta un grado bajo de marginación, ocupando el lugar 15 en el estado, pero 8 de sus localidades presentan muy alto grado de marginación y 27 localidades un nivel alto de marginación (figura 2 y cuadro 1).

El municipio cuenta con dos delegaciones: la de San Nicolás y la de Santillán, dentro de las cuales no depende ninguna subdelegación, y 17 subdelegaciones: Barrio de la Magdalena, Barrio de los Tepetates, Barrio de San Juan, Colonia Santa Fe, Bordo Blanco, Colonia Adolfo López Mateos, El Cerrito, El Sauz, El Tejocote, Fuentezuelas, Hacienda Grande, La Fuente, La Laja, La Tortuga, La Trinidad, Los Cerritos y San José la Laja.



Figura 2. Paisaje rural de Tequisquiapan, Querétaro.

**Cuadro 1.** Localidades marginadas de Tequisquiapan.

Nombre de la localidad	Población	Grado de marginación de la localidad
El Carrizal	13	Muy alto
El Sabino	25	Muy alto
Rancho Largo	10	Muy alto
Presa Centenario (La Palapa)	49	Muy alto
Ninguno [granja]	18	Muy alto
El Cerrito de las Lozas	13	Muy alto
El Colorado	12	Muy alto
Sección Sur de la Ermita	21	Muy alto
El Cerrito	571	Alto
Los Cerritos	2202	Alto
La Fuente	4272	Alto
San José de la Laja	2156	Alto
El Tejocote	2701	Alto
Estación Bernal	24	Alto
Rancho Loma Colorada	9	Alto
El Jade	13	Alto
Cerrito San José (La Troje)	49	Alto
Pozo Número Uno (Ejido el Sauz)	12	Alto
Rancho Mancañal	16	Alto
Ranchito San José	36	Alto
Sección Este de la Fuente	140	Alto
Colonia los Arquitos	96	Alto
Familia Jiménez (Colonia Santa Fe)	139	Alto
Rancho Largo (La Vía)	8	Alto
Familia González Vega	15	Alto
La Vega	49	Alto
Las Corraletas (Familia Castillo)	133	Alto
El Bordo	16	Alto
La Lagunita	122	Alto
Sección Sur de Tequisquiapan	97	Alto
El Magueyal	47	Alto
Ampliación el Paraíso	17	Alto
Ampliación Santa Fe (La Ermita)	211	Alto
Los Lora	7	Alto
Piedras Negras y San Antonio	49	Alto

Fuente: SEDESOL, 2015.

## SAN NICOLÁS

La localidad de San Nicolás se encuentra a los 20°28' de latitud norte y a los 99°56' de longitud oeste; tiene 1890 m snm de altitud y se encuentra a 7 km de la cabecera municipal. Tiene una población de 5576 habitantes, de los cuales el 49.2 % son mujeres y el 50.8 % son hombres. Esta población se encuentra distribuida en 1268 viviendas, con un promedio de 4.4 habitantes por vivienda; el 96 % de las viviendas posee piso con algún recubrimiento (cemento, cerámica u otro) y el 4 % tienen piso de tierra. El 2.7 % carece de excusado, lo que conlleva a la práctica de la defecación al aire libre. El 4 % de las viviendas no cuenta con servicio de agua potable y no dispone de drenaje. El 37 % de las viviendas carece de refrigerador y 61 % de lavadora (cuadro 2).

**Cuadro 2.** Población y servicios en viviendas de San Nicolás, Tequisquiapan.

Población			Características de las viviendas y servicios				
Total	Mujeres	Hombres	Total	Habitantes por vivienda	Con piso cubierto	Con piso de tierra	Con excusado
5576	2742	2834	1268	4.4	1215	53	1233
Características de las viviendas y servicios							
Agua potable al interior	Con drenaje	Sin drenaje	Con energía eléctrica	Con TV	Con refrigerador	Con lavadora	Con computadora
1220	1215	51	1252	1166	804	494	120

Fuente: INEGI, 2010.

El 9 % de la población de 15 años o más es analfabeta, el 48 % de los habitantes de 15 años o más tiene la primaria inconclusa. Estos indicadores colocan a la localidad en un nivel medio de marginación (SEDESOL, 2015). Las cifras mencionadas explican que el nivel de marginación educativa, patrimonial y de habilidades, impide que sus habitantes puedan decidir libremente realizar actividades diferenciadas de los hornos ladrilleros, porque las circunstancias de pobreza y marginación los obligan a realizar esta actividad de origen tradicional (figura 3).



*Figura 3.* Calle de San Nicolás, Tequisquiapan.

## *BORDO BLANCO*

La localidad de Bordo Blanco se encuentra a los 20°29' de latitud norte y a los 99°55' de longitud oeste, tiene 1894 m snm de altitud y se encuentra a 4 km de la cabecera municipal. Su población es de 2709 habitantes, de los cuales el 50.9% son mujeres y el 49.1% son hombres.

Esta población se encuentra distribuida en 592 viviendas, con un promedio de 4.6 habitantes por vivienda; el 4 % de las viviendas tiene piso de tierra. El 6 % carece de excusado. El 8 % de las viviendas no dispone de servicio de agua potable y el 4 % no tiene drenaje. El 26 % de las viviendas carece de refrigerador y el 63 % de lavadora (cuadro 3).

**Cuadro 3.** Población y servicios en viviendas de Bordo Blanco, Tequisquiapan.

Población			Características de las viviendas y servicios				
Total	Mujeres	Hombres	Total	Habitantes por vivienda	Con piso cubierto	Con piso de tierra	Con excusado
2709	1379	1330	592	4.6	568	24	557
Características de las viviendas y servicios							
Agua potable al interior	Con drenaje	Sin drenaje	Con energía eléctrica	Con TV	Con refrigerador	Con lavadora	Con computadora
542	571	28	588	566	439	218	39

Fuente: INEGI, 2010.

El grado de estudios para el sector femenino es de 6.6 años y para el masculino de 6.8 años. Esto significa que, en general, la población de Bordo Blanco únicamente posee nivel de educación básica.

## EL MARQUÉS

El municipio de El Marqués se localiza al noroeste del estado de Querétaro, entre las coordenadas geográficas 20°31' y 20°58' latitud norte y entre 100°09' y 100°24' longitud oeste. Limita al oeste con el municipio de Querétaro, al norte con el estado de Guanajuato, al este con el municipio de Colón y al sur con los municipios de Huimilpan y Pedro Escobedo. Tiene una extensión territorial de 787.4 km<sup>2</sup>. El Marqués está conformado por 251 localidades, 12 de las cuales

poseen grado de marginación muy alto. Tiene una población total de 116458 habitantes. La mayor parte de la población se concentra en zonas rurales, solamente 10506 habitantes radican en la cabecera municipal. El municipio cuenta con un total de 27544 viviendas particulares habitadas.

## JESÚS MARÍA BARRIENTOS

La localidad Barrientos se encuentra a los 20°38' de latitud norte y los 100°15' de longitud oeste, la porción central del municipio se encuentra a 1900 m snm, tiene una población de 70 habitantes (51.43 % mujeres y 48.57 % hombres). El 31.43 % de la población mayor de 12 años está ocupada laboralmente en el comercio, en el campo y en labores artesanales (cuadro 4).

**Cuadro 4.** Población y servicios en viviendas de Jesús María Barrientos, El Marqués.

Población			Características de las viviendas y servicios				
Total	Mujeres	Hombres	Total	Habitantes por vivienda	Con piso cubierto	Con piso de tierra	Con excusado
70	36	34	8	8.8	7	1	7
Características de las viviendas y servicios							
Agua potable al interior	Con Drenaje	Sin drenaje	Con energía eléctrica	Con TV	Con refrigerador	Con lavadora	Con computadora
7	7	1	7	7	5	4	3

Fuente: INEGI, 2010.

## LA GRIEGA

La localidad de La Griega, ubicada en la porción central del municipio, se localiza a los 20°39' de latitud norte y a los 100°14' de longitud oeste, tiene 1913 m snm. La población asciende a los 4181 habitantes, 50.2 % son mujeres y 49.8 % son hombres. Esta población se encuentra distribuida en 893 viviendas (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Población y servicios en viviendas de La Griega, El Marqués.

Población			Características de las viviendas y servicios				
Total	Mujeres	Hombres	Total	Habitantes por vivienda	Con piso cubierto	Con piso de tierra	Con excusado
4181	2096	2085	893	4.7	832	53	838
Características de las viviendas y servicios							
Agua potable al interior	Con drenaje	Sin drenaje	Con energía eléctrica	Con TV	Con refrigerador	Con lavadora	Con computadora
809	825	61	869	844	697	562	121

Fuente: INEGI, 2010.

## SAN JUAN DEL RÍO

El municipio de San Juan del Río se ubica en la porción sur del estado de Querétaro, se localiza entre los 20°12' y 20°34' de latitud norte y entre los 99°49' y los 100°12' de longitud oeste. Limita al oeste con el municipio de Pedro Escobedo y

Amealco de Bonfil, al norte con Tequisquiapan, al este con el estado de Hidalgo y al sur con Amealco de Bonfil. Tiene una extensión territorial de 799.9 km<sup>2</sup>. El municipio está conformado por 237 localidades, cuenta con una población total de 241 699 habitantes, 51.3 % mujeres y 48.7 % hombres, distribuidos en un total de 61 732 viviendas particulares habitadas (cuadro 6 y figura 4).

**Cuadro 6.** Población y servicios en viviendas de San Juan del Río.

Población			Características de las viviendas y servicios				
Total	Mujeres	Hombres	Total	Habitantes por vivienda	Con piso cubierto	Con piso de tierra	Con excusado
241 699	124 0718	117 62	61 732	3.9	59 545	1 622	58 298
Características de las viviendas y servicios							
Agua potable al interior	Con drenaje	Sin drenaje	Con energía eléctrica	Con TV	Con refrigerador	Con lavadora	Con computadora
58 690	57 575	3 609	60 628	59 225	53 757	39 462	17 531

Fuente: INEGI, 2010.



Figura 4. Vista de la Av. Hidalgo en San Juan del Río.



## VISTHÁ

La localidad de Visthá, se encuentra a los 20°26' de latitud norte y a los 99°58' de longitud oeste, tiene 1900 m snm. La población asciende a los 3421 habitantes, 50.6 % son mujeres y 49.4 % hombres. Esta población se encuentra distribuida en 763 viviendas (cuadro 7 y figura 4).

**Cuadro 7.** Población y servicios en viviendas de Visthá, San Juan del Río.

Población			Características de las viviendas y servicios				
Total	Mujeres	Hombres	Total	Habitantes por vivienda	Con piso cubierto	Con piso de tierra	Con excusado
3,421	1731	1690	763	4.8	647	58	653
Características de las viviendas y servicios							
Agua potable al interior	Con drenaje	Sin drenaje	Con energía eléctrica	Con TV	Con refrigerador	Con lavadora	Con computadora
667	649	53	689	669	514	303	49

Fuente: INEGI, 2010.

## SAN PEDRO AHUACATLÁN

La localidad de San Pedro Ahuacatlán se encuentra a los 20°25' de latitud norte y a los 99°58' de longitud oeste, tiene 1910 m snm. La población es de 37 habitantes, 32.5 % son

mujeres y 67.5 % hombres. Esta población se encuentra distribuida en nueve viviendas (cuadro 8).

**Cuadro 8.** Población y servicios en viviendas de San Pedro Ahuacatlán, San Juan del Río.

Población			Características de las viviendas y servicios				
Total	Mujeres	Hombres	Total	Habitantes por vivienda	Con piso cubierto	Con piso de tierra	Con excusado
37	12	25	9	4.1	8	1	5
Características de las viviendas y servicios							
Agua potable al interior	Con drenaje	Sin drenaje	Con energía eléctrica	Con TV	Con refrigerador	Con lavadora	Con computadora
5	5	4	5	7	5	2	1

Fuente: INEGI, 2010.

## SANTIAGO DE QUERÉTARO

El municipio de Santiago de Querétaro se localiza al suroeste del estado de Querétaro, colinda al norte con Guanajuato, al oeste con El Marqués, al este con Guanajuato y Corregidora, y al sur con Huimilpan y Corregidora. Se localiza entre los 20°01' y los 21°40' de latitud norte y entre los 99°03' y los 100°36' de longitud oeste. Tiene una extensión territorial es de 759.9 km<sup>2</sup>. Está conformado por 272 localidades, con una población de 801 940 habitantes (Cuadro 9).

**Cuadro 9.** Población y servicios en viviendas de Santiago de Querétaro.

Población			Características de las viviendas y servicios				
Total	Mujeres	Hombres	Total	Habitantes por vivienda	Con piso cubierto	Con piso de tierra	Con excusado
801 940	412 537	389 403	205 925	3.9	195 913	5647	199 072
Características de las viviendas y servicios							
Agua potable al interior	Con drenaje	Sin drenaje	Con energía eléctrica	Con TV	Con refrigerador	Con lavadora	Con computadora
193 102	197 392	4258	201 096	197 614	185 628	158 646	96 448

Fuente: INEGI, 2010.

## LA SOLANA

La localidad de La Solana, se encuentra a los 20°44' de latitud norte y a los 100°23' de longitud oeste y está a 2049 m snm. La población asciende a 3871 habitantes, 50.2 % son mujeres y 49.8% hombres. Esta población se encuentra distribuida en 806 viviendas (cuadro 10).

**Cuadro 10.** Población y servicios en viviendas de La Solana, Querétaro.

Población			Características de las viviendas y servicios				
Total	Mujeres	Hombres	Total	Habitantes por vivienda	Con piso cubierto	Con piso de tierra	Con excusado
3871	1942	1929	806	4.8	786	20	690
Características de las viviendas y servicios							
Agua potable al interior	Con drenaje	Sin drenaje	Con energía eléctrica	Con TV	Con refrigerador	Con lavadora	Con computadora
725	662	136	796	734	464	360	22

Fuente: INEGI, 2010.

## PEDRO ESCOBEDO

El municipio de Pedro Escobedo se ubica al suroeste del estado de Querétaro, colinda al norte con los municipios de El Marqués y Colón, al este con San Juan del Río y Tequisquiapan y al sur con Huimilpan. Se localiza entre los 20°31' y los 20°40' de latitud norte y entre los 100°09' y los 100°24' de longitud oeste. Tiene una extensión territorial de 290.9 km<sup>2</sup>. Está conformado por 104 localidades, con una población de 63966 habitantes. La cabecera municipal, Pedro Escobedo, se localiza en los 20°30' de latitud norte y los 100°08' de longitud oeste. La mayor parte de la población se concentra en zonas rurales, solamente 9946 habitantes radican en la cabecera municipal, 51.4% son mujeres y 48.6% hombres. El municipio cuenta con un total de 2354 viviendas particulares habitadas (Cuadro 11).

**Cuadro 11.** Población y servicios en viviendas de Pedro Escobedo, Querétaro.

Población			Características de las viviendas y servicios				
Total	Mujeres	Hombres	Total	Habitantes por vivienda	Con piso cubierto	Con piso de tierra	Con excusado
9946	5114	4832	2354	4.2	2304	46	2334
Características de las viviendas y servicios							
Agua potable al interior	Con drenaje	Sin drenaje	Con energía eléctrica	Con TV	Con refrigerador	Con lavadora	Con computadora
2307	2318	30	2338	2313	2158	1738	853

Fuente: INEGI, 2010.

## 1.2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Los restos humanos más antiguos del estado de Querétaro se encontraron en la “Cueva del Diablo” en la localidad de San Nicolás; éstos fueron fechados con una antigüedad de entre 2500 y 5000 años antes de nuestra era (a. n. e.), que corresponde a la Etapa Lítica (2500 a 30000 a. n. e.). Se trata del periodo más antiguo de la historia de México. En este dilatado lapso llegaron a territorio nacional los primeros pobladores, los cuales paulatinamente fueron ocupando distintas zonas y desarrollando las prácticas culturales que les permitieron una adaptación cada vez mejor a las diversas condiciones ambientales (figura 5).



*Figura 5.* Restos humanos expuestos en el Museo de la Muerte, San Juan del Río, Querétaro.

Las primeras poblaciones humanas sedentarias que se establecieron en el actual territorio de Tequisquiapan lo hicieron en la Sierra de la Llave, entre La Trinidad y Los Cerritos, lugar conocido en esa época como “Agualcatepetl” (lugar del cerro de abundante agua), posteriormente llegaron pobladores chichimecas y otomíes que se establecieron en el actual Barrio de la Magdalena, quienes disputaban los ríos y tierras fértiles de la región.

Los otomíes ocuparon el oriente del municipio de Tequisquiapan y los chichimecas el resto del territorio, predominando asentamientos en áreas situadas al sur y al poniente de la actual cabecera municipal. Esta región fue aprovechada por los otomíes y chichimecas debido a la fertilidad de las tierras al oriente y al poniente del río; la abundancia de manantiales de aguas cristalinas y la exuberancia de los árboles de gran follaje a la orilla de río.

Tras la conquista del Valle de México, los españoles se dedicaron a colonizar las regiones adyacentes, fundando el 24 de junio de 1531 el poblado de San Juan del Río y el 24 de julio de 1551 Santa María de la Asunción y de las Aguas Calientes, lugar que actualmente se conoce como Tequisquiapan, nombre que se deriva del náhuatl “tequesquitl” o lugar del agua de tequesquite. Tequisquiapan significa “lugar de tequesquite”.

En 1825 Tequisquiapan se incorpora al Distrito de San Juan del Río, que junto con los distritos de Amealco de Bonfil, Cadereyta de Montes, San Pedro Tolimán, Santiago de Querétaro y Jalpan de Serra constituyeron, en ese entonces, el estado de Querétaro.

El 4 de febrero de 1861 al poblado de Tequisquiapan se le concede el título de Villa de Mateo de Tequisquiapan y el 30 de junio de 1939 se constituye como municipio.

## 1.3 EL ORIGEN DE LOS LADRILLOS ROJOS RECOCIDOS

En los hornos ladrilleros se fabrican los clásicos ladrillos rojos recocidos de aproximadamente  $6 \times 12 \times 24$  cm y otros productos de barro. Tienen su origen en la época colonial, pues durante el periodo prehispánico, las culturas de Mesoamérica, Aridoamérica, Oasisamérica y Sudamérica basaron sus procesos constructivos en el bajareque, el adobe secado al sol, la piedra labrada, la mampostería, la madera, la vara, la paja, las hojas de palma, así como algunas sustancias como el mucílago del nopal y cementantes como la cal y mezclas de varios materiales.

Existen diversas evidencias históricas que muestran que algunas culturas mesoamericanas utilizaron hornos para cocer adobes y vasijas, pero no de productos con las características del clásico ladrillo rojo.

Los europeos, tras la conquista y colonización de América impusieron su modelo de crecimiento, dentro del cual, la vivienda no fue la excepción. La incorporación de este modelo como hegemónico, provocó el cambio en el uso de materiales de construcción, donde el ladrillo rojo recocido, originalmente diseñado en Mesopotamia y Palestina, fue dominante y determinó el clásico estilo “colonial” de las viviendas, construcciones eclesiásticas y administrativas de América.

Fue durante la Segunda Guerra Mundial (1939-1945), que en la economía mundial ocurre un impulso general. La industrialización experimenta un aceleramiento sin precedente y así también los procesos constructivos de viviendas, edificios administrativos y talleres, entre otros.

La necesidad de materiales de construcción de bajo costo, el incremento de la población y la urbanización acelerada entre 1945 y 1980 impulsó el establecimiento, en las zonas periféricas de las ciudades y pueblos, de centros artesanales para la fabricación de ladrillos, los cuales con la expansión geográfica de los poblados, quedaron insertos dentro de éstos.

El proceso de crecimiento urbano y poblacional, se puede observar en el municipio de Tequisquiapan, el cual, entre 1950 y 2010 incrementó su número de habitantes en 500 % pasando de 10 877 habitantes en 1950 a 54 929 habitantes en 2010 (cuadro 12).

**Cuadro 12.** Crecimiento de la población del municipio de Tequisquiapan.

Año	Población
1950	10 887
1995	45 779
2000	49 969
2010	54 929

Panorama sociodemográfico de Querétaro, 2010. Tequisquiapan, Querétaro. Fuente: INEGI, 2010.



Estas cifras se relacionan estrechamente con la construcción de viviendas, hoteles, talleres, construcciones eclesiásticas, administrativas, donde el ladrillo rojo es el elemento fundamental. Particularmente el municipio de Tequisquiapan creció con base en el desarrollo de actividades turísticas y una imagen de pueblo colonial, como muchas otras localidades de Querétaro, Guanajuato e Hidalgo.

El origen de la microindustria ladrillera está estrechamente relacionada con la historia de la industria de la construcción. La primera se caracteriza por un bajo nivel tecnológico que conlleva el uso de hornos con baja eficiencia energética, así como el empleo de materiales altamente contaminantes. En esta microindustria se desarrollaron relaciones de producción inequitativas bajo condiciones laborales extremas que implican riesgos físicos, químicos, biológicos, fisiológicos y emocionales para los trabajadores, mismos que no disponen de beneficios sociales.

El crecimiento de estas microempresas está directamente relacionado con el incremento en la demanda de ladrillos por parte de la industria de la construcción, de tal suerte que en momentos de auge económico, los hornos ladrilleros incrementan su número, mientras que en situaciones de crisis, éstos decrecen.

La autopista 57 conecta México-Querétaro-San Luis Potosí-Piedras Negras. Es la columna vertebral de la red vial hacia el norte del país. La Carretera Estatal 120 Querétaro, que comunica con la Sierra Gorda, comienza en la ciudad. También de San Juan del Río parte la Carretera Estatal 300 Querétaro hacia Amealco de Bonfil. Además de por estas, el municipio está comunicado por una amplia red de caminos asfaltados, empedrados o de terracería que suman cerca de 150 km, transitables en cualquier época del año. San Juan del Río es una zona de alto desarrollo industrial, recientemente con el arribo de la industria de autopartes y la creación de nuevas zonas industriales, está retomando su puesto como uno de los municipios con mayor crecimiento industrial, no solo del estado, si no a nivel del Bajío (figura 6).



*Figura 6.* Carretera Tequisquiapan a San Juan del Río, Querétaro.

# Capítulo 2

## 2. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LADRILLOS EN HORNOS LADRILLEROS

*Padre, decidme qué le han hecho al río  
que ya no canta. Resbala como un barbo muerto  
bajo un palmo de espuma blanca.  
Padre, que el río ya no es el río.*

Joan Manuel Serrat, "Padre".

Los diversos productos elaborados en los hornos ladrilleros están fabricados fundamentalmente con barro o arcilla, la cual es una sustancia mineral originada por la acción hidrotermal de rocas ígneas. Está compuesta de minerales como los granitos, las riolitas, las dioritas, los basaltos; así como el cuarzo, los feldespatos, las plagioclasas, las piroxenas, el rutilo, la limonita y por materia orgánica (cuadro 13). Esta composición puede variar de acuerdo con su origen, pero en promedio, los porcentajes de los componentes son los que se presentan en el cuadro 14. A partir del conocimiento de la mineralogía óptica, para la identificación de las rocas, y de la microscopía, se hace énfasis en la descripción de rocas, minerales y la génesis de las arcillas.

Las arcillas se clasifican en primarias y secundarias, las primarias son aquéllas que permanecieron en el mismo lugar de origen, las secundarias son las que fueron acarreadas o transportadas de su lugar de origen a uno de deposición. Las arcillas secundarias se dividen en: fluviales, o depositadas en los ríos, generalmente de baja calidad; lacustres, asentadas en lagos y son de buena calidad; marinas, que son más uniformes que las lacustres; así como las de los deltas, las arenosas y de composición irregular; las de glaciares y las eólicas.

**Cuadro 13.** Constituyentes de las arcillas.

Mineral	Descripción
Granito	Roca ígnea, constituida por cuarzo, feldespatos y mica.
Riolita	Roca parecida al granito.
Diorita	Roca compuesta de plagioclasa, hornablenda, biotita y piroxena.
Basalto	Rico en hierro y magnesio.
Cuarzo	Compuesto de dióxido de silicio.
Feldespatos	Compuesto de ortoclasa, albita y anortita.
Plagioclasas	Compuesta de albita, sílice, óxido de sodio y anortita.
Piroxenas	Roca ígnea o metamórfica compuesta de calcio, sodio, hierro, magnesio, zinc y litio.
Rutilo	Mineral constituido por óxido de titanio.
Limonita	Mezcla de minerales.

Fuente: López R., 2015.

**Cuadro 14.** Compuestos químicos presentes en las arcillas.

Compuestos presentes en arcilla	Porcentaje (%)
Dióxido de sílice (SiO <sub>2</sub> )	49.56
Óxido de aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	10.41
Óxido de hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	10.73
Óxido de titanio (TiO <sub>2</sub> )	0.88
Óxido de calcio (CaO)	3.82
Óxido de magnesio (MgO)	12.32
Óxido de sodio (Na <sub>2</sub> O)	1.39
Óxido de potasio (K <sub>2</sub> O)	0.22
Ácido fosfórico (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0.07
Óxido de manganeso (MnO)	0.16
Óxido de azufre (SO <sub>3</sub> )	<0.10
Carbonato de calcio (CaCO <sub>3</sub> )	<0.01

Fuente: Díaz *et al.*, 2011.

Asimismo, las arcillas para ladrillos son impuras, de mediana plasticidad, composición y mineralogía variable, generalmente no son de color blanco y contienen hasta 5 % de álcali, 12% de alcalinoterreos y 8 % de ácido férrico. Las arcillas poseen diversas propiedades físicas y químicas, entre las primeras destacan la elasticidad, la plasticidad, el endurecimiento, el color y la absorción. En la figura 7 se presenta un montículo de arcillas de mediana plasticidad.



*Figura 7.* Montículo de arcilla.

Dentro de las propiedades químicas está la resistencia a la acción química de los reactivos. Por ejemplo, cuando las arcillas se someten a diversas temperaturas ocurren los siguientes fenómenos:

- A 100 °C se elimina el agua higroscópica.
- Entre 300 y 400 °C el agua llamada de combinación es liberada.
- Entre 600 y 700 °C el agua en la arcilla es totalmente eliminada.

- Entre 700 y 800 °C adquiere propiedades tales como dureza, contracción y sonoridad, la sílice y la alúmina comienzan a formar un silicato anhidro (Mullita:  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ).
- A los 1500 °C aparecen los primeros signos de vitrificación.
- La coloración de las arcillas se debe a la presencia de óxidos metálicos, principalmente el de hierro (por su actividad y abundancia). Dependiendo de si la llama es oxidante o reductora se colorea de rojo, amarillo, verde o gris.

En este estudio, 80 % de la fabricación de ladrillos se realiza de manera artesanal, desde la preparación de la mezcla, que se elabora en fosas a nivel del terreno, en las cuales el agregado de las materias primas es a través de cubetas de 20 litros o en carretillas; una vez adicionada la materia prima comienzan el mezclado a base de paleo manual o con los pies hasta lograr la homogeneidad. Después de esto, hacen el tirado de la mezcla en los moldes y los dejan secar al sol hasta acumular la producción y realizar la quema en un horno, que la mayoría de las veces es el denominado “horno de campaña”.

Para la elaboración de los ladrillos se mezclan tierra arcillosa, agua, estiércol y aserrín en proporciones variadas. Esta mezcla se coloca en moldes rectangulares de  $26.5 \times 15.5 \times 5.5$  cm y se dejan secar al sol por un lapso de entre 48 y 72 horas con la finalidad de eliminar la mayor cantidad de humedad. Posteriormente se hornean en construcciones de aproximadamente  $4 \times 4 \times 2$  m, las cuales poseen un orificio en la parte inferior, bajo el nivel del suelo, para colocar el dispositivo de suministro de combustible o quemador.

La parte superior del horno se deja abierta para introducir ladrillos crudos y para conducir las emisiones. El tiempo de horneado y la cantidad de combustible requerido dependen de la capacidad del horno y de la calidad y tipo de combustible. El tiempo de horneado promedio para 10 000 ladrillos oscila entre 24 y 30 h.

Este tipo de construcciones presenta las siguientes desventajas: debido al amplio gradiente interno de temperaturas se generan grietas que pueden poner en riesgo la integridad estructural. Lo anterior requiere frecuentes trabajos de mantenimiento para reparar las grietas creadas. Debido a las altas temperaturas en la parte inferior, ocurre la fusión de ladrillos con la base y en algunos casos de ladrillos en los cimientos, por lo que estos deben repararse continuamente. La baja eficiencia en la combustión requiere que sea utilizada una mayor cantidad de combustible, lo que incrementa los costos de operación, pero además crea un alto impacto ambiental por combustible y gases no quemados (aquellos que no completan el proceso de combustión y quedan como residuos contaminantes). Gases de efecto invernadero como el  $\text{CO}_2$  y causantes de lluvia ácidas como los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) y de azufre ( $\text{SO}_x$ ), son producidos en altas cantidades en este tipo de hornos. Además, se expulsan a la atmósfera partículas como las, aumentando el riesgo a la salud del personal operativo y de los habitantes aledaños a los hornos.

En los hornos ladrilleros, además de la elaboración del clásico tabique rojo, se fabrican losetas, tejas, macetas y otros, todos a partir de la mezcla de barro y agua, cocida a altas temperaturas.

El ladrillo de barro rojo recocido es un rectángulo cuyas dimensiones son 23 cm de largo por 11.5 cm de ancho y 5.5 de grueso o 24 x 12 x 6 cm, su cara superior o inferior se conoce como “tabla”, las laterales como “canto” o “soga” y los extremos como “tizón” o “testa”.

La solera es un rectángulo de 26 cm de largo por 13 cm de ancho y 2 cm de grueso, adicionalmente producen el denominado solerón que mide 50 cm de largo por 24.5 cm de ancho y 2.5 cm de grueso. En la figura 8 se observan algunas muestras de ladrillos, losetas y losetón de barro. A continuación se describen algunas características físicas de otros productos que son fabricados en los hornos:

- Loseta grande: es un cuadrángulo de 49 cm por lado y 3.5 cm de grueso.



- Loseta mediana: es un cuadrángulo de 28 cm por lado y 3.5 cm de grueso.
- Loseta chica: es un cuadrángulo de 19.5 cm por lado y 3.5 cm de grueso.
- Teja chica: es una pieza de 24 cm de largo por 12 cm de ancho, con una curvatura cuya porción más alta se eleva 5 cm.
- Teja grande: es una pieza de 44 cm de largo por 14 cm de ancho, con una curvatura cuya porción más alta se eleva 5 cm.
- Cuña grande: es un rectángulo de 23.5 cm de largo por 12 cm de ancho y 6.5 cm de grueso.
- Cuña mediana: es un rectángulo de 18.5 cm de largo por 10 cm de ancho y 5 cm de grueso.
- Cuña chica: es un rectángulo de 20.5 cm de largo por 8 cm de ancho y 5 cm de grueso.
- Pecho de paloma: es una pieza especial de 24 cm de largo por 16 cm de ancho y 7 cm de grueso, se utiliza para los remates de muros, caballetes u otras estructuras con acabados coloniales.
- Óvalo para columna: es una pieza curva que permite el recubrimiento de columnas circulares y sus medidas son 25 cm de largo por 7.5 cm de ancho y 6.5 cm de grueso.



Figura 8. Ladrillos, loseta y losetón de barro.

## 2.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS LADRILLOS ROJOS

Como se mencionó anteriormente, los constituyentes minerales son la arcilla y la arena de mina o río; los constituyentes orgánicos de los ladrillos son estiércol de ganado y aserrín. Las cantidades utilizadas de estas materias primas dan las características físicas y propiedades mecánicas, las cuales se perciben en la manipulación que se hace en la obra o construcción terminada. De esta forma un trabajador percibe la variación en peso, dureza, fragilidad, porosidad y absorción del producto final.

Las características físicas y propiedades mecánicas estándar que se toman en cuenta para definir un ladrillo típico son las dimensiones: alto, ancho y largo, peso volumétrico ( $\text{ton}/\text{m}^3$ ), absorción promedio (%), absorción inicial promedio  $\text{g}/\text{min}$ , módulo de ruptura promedio y resistencia a la compresión ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) (cuadro 15).

**Cuadro 15.** Características físicas y propiedades mecánicas de ladrillos.

Propiedad	Medición
Dimensiones (alto, ancho y largo) (cm)	6 × 12 × 24
Peso volumétrico ( $\text{Ton}/\text{m}^3$ )	1.58
Absorción promedio %	17.8
Absorción inicial promedio ( $\text{g}/\text{min}$ )	64.2
Coefficiente de saturación promedio	0.98
Módulo de ruptura promedio	7.7
Resistencia a la compresión ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	113.8

Fuente: Varum y colaboradores, 2011.

A pesar de que el ladrillo tiene una alta resistencia y alto valor estético en la construcción de edificios, es importante considerar el impacto que tienen las emisiones de los diferentes combustibles utilizados para su fabricación. Satisfacer el mercado es el objetivo que persigue todo productor (sea cual fuere la actividad económica que desarrolle), pero se deben considerar los costos ambientales derivados de la producción (como es la producción de ladrillos) y el uso de los recursos disponibles, ya sean naturales o económicos.

La gran mayoría de los productores ladrilleros distribuyen su producto en tiendas de materiales, a particulares, ingenieros, albañiles, y a los tradicionales “coyotes”. Los coyotes se caracterizan por tener una relación directa con los ladrilleros, vinculados entre sí, por un lado el productor requiere del servicio del intermediario, ya que aquél carece de medios de transporte, contactos y tiempo para efectuar la comercialización. El intermediario también necesita del productor de ladrillo, ya que la reventa del ladrillo es su fuente de trabajo. El 50 % del ladrillo fabricado en esta microindustria es comercializado por intermediarios, quienes incrementan el costo del producto final. Los intermediarios incrementan en promedio el precio en un 30 % respecto al precio adquirido de los productores. Con este margen cubren gastos de combustible, gasto de mano de obra para carga y descarga del producto, el costo de mantenimiento del vehículo y un margen de utilidad.

En la figura 9, se observa un bloque de ladrillos rojos terminados, fabricados en forma artesanal, con características físicas y propiedades mecánicas que varían de acuerdo con la proporción de sus constituyentes minerales y orgánicos entre lotes.

El tabique es de color rojo y se fabrica con un ladrillo hueco sencillo o de otros materiales. Una de las principales diferencias del tabique es que su elaboración sigue siendo un tanto artesanal, por lo que no hay un control estricto en los materiales y las proporciones de cada pieza. El tabique se caracteriza por ser un material térmico, lo cual lo hace ideal para mantener una temperatura agradable de acuerdo con la temporada del año, por ejemplo, durante el calor las edificaciones se mantienen frescas y durante el frío cálidas.



*Figura 9.* Ladrillos rojos terminados, con características físicas y propiedades mecánicas distintas.

El ladrillo se forma con arcilla amasada secada y cocida; el ladrillo, comparado con el tabique, cuenta con mayor durabilidad, resistencia y facilidad para realizar acabados.

## **2.2 LOS HORNOS LADRILLEROS EN MÉXICO**

En México el clásico ladrillo rojo recocido para la industria de la construcción es fabricado, en su mayoría, por empresas informales, no reguladas, sin estándares de calidad, ni reglamentación de funcionamiento. No cumplen con normas laborales, oficiales, ambientales o fiscales, son empresas toleradas porque elaboran un producto fundamental para la

industria de la construcción, la cual es un factor importante dentro de la economía nacional.

La fabricación de productos, en los hornos ladrilleros, se realiza a escala familiar en terrenos o espacios irregulares, no planificados y distribuidos a lo largo de la República Mexicana. Hasta el momento no existe un censo oficial y completo de localización de los hornos. Se estima que en México funcionaban, en el 2007, 14 287 hornos ladrilleros y en el 2009, 10 250, cifra que disminuye o se incrementa de acuerdo con el crecimiento o deterioro de la economía nacional e internacional (cuadro 16).

**Cuadro 16.** Número de hornos artesanales de ladrillos por entidad (2007 y 2009).

Estado	2007	2009	Estado	2007	2009
Puebla	4316	2838	Guerrero	25	98
Guanajuato	2980	674	Tamaulipas	10	23
Jalisco	2500	1812	Sonora	0	236
San Luis Potosí	1175	243	Michoacán	0	769
Durango	710	523	Nayarit	0	134
Querétaro	592	174	Ciudad de México	0	19
México	52	650	Tlaxcala	0	29
Aguascalientes	427	21	Nuevo León	0	9
Coahuila	350	189	Tabasco	0	15
Oaxaca	321	267	Yucatán	0	2
Hidalgo	258	44	Baja California Sur	0	24
Baja California Norte	200	61	Morelos	0	24
Colima	146	23	Zacatecas	0	315
Chiapas	120	247	Veracruz	0	222
Chihuahua	105	292	Sinaloa	0	273
			Total	14,287	10,250

Fuente: SEMARNAT, 2010

En México, la tecnología de los sistemas de combustión para hornos, oscila desde los más sencillos hasta los más complejos; sistema que no tienen control sobre la

variabilidad y perfiles de temperatura que pueden requerirse a través de los mismos. Los sistemas de combustión más sencillos consisten en la quema de leña, carbón, aserrín, cascarilla de diversas plantas, en hogares parecidos a los fogones típicos de nuestra región, con abundante material inquemado y generación de altos volúmenes de gases de color negro, propios del alto contenido de carbón como combustible no quemado y monóxido de carbono (CO) en los productos de la combustión, gases causantes del llamado efecto invernadero, problema ambiental de primer orden en la actualidad. Además, si no existe el precalentamiento del material combustible de tipo leña, los altos contenidos de humedad afectan la eficiencia del proceso de combustión.

En 2005 había en México 24 millones de viviendas, el 80 % de sus muros estaban contruidos con materiales durables, incluyendo el ladrillo rojo recocido. En el año 2006 se produjeron en el país 375 millones de ladrillos no refractarios con un valor de 681.2 millones de pesos y 31.5 millones de tejas con valor de 227.8 millones de pesos. Entre 1972 y 1992 en México, los ladrillos artesanales ocuparon el 44 % de los muros de 1 733 938 viviendas de interés social.

Las miniempresas de ladrillos artesanales se pueden encontrar en casi toda la República Mexicana: en Ciudad Juárez funcionan 332 hornos, en el estado de Guanajuato tres mil hornos y en Querétaro 546. En este último estado se encuentran distribuidos en los municipios de Tequisquiapan, San Juan del Río, El Marqués, Pedro Escobedo y Querétaro.

En el estado de Querétaro, el requerimiento de ladrillos para la industria de la construcción es abastecido, casi en su totalidad, por los procesos productivos relacionados directamente con los hornos ladrilleros artesanales (figura 10).

Los hornos ladrilleros artesanales son promovidos por las condiciones de pobreza imperantes en el país, que no encuentran alternativa laboral. La insuficiente valoración que se le da a los ladrilleros es una de las causas que los mantiene en la pobreza, al no poder generar ingresos sostenibles con su venta. En general, la compra de ladrillo no se percibe



*Figura 10.* Horno ladrillero artesanal.

como objeto costoso, por tanto el intermediario está acostumbrado a pagar poco. Para entender este fenómeno, a continuación se exploran los distintos obstáculos que tiene este mercado cuautivo.

Generalmente la producción ladrillera artesanal es controlada por monopolios informales, donde el poder político se funde con el económico constituyendo caciques locales que controlan, negocian, distribuyen insumos, establecen precios de compra y venta y reprimen cualquier rebeldía o acción de carácter autónomo o autogestivo: Para esto recurren a la violencia informal (guaruras o golpeadores) o bien a través de integrantes de los cuerpos policiacos, sean federales o estatales, quienes disfrazan su acción represiva mediante supuestas violaciones de tránsito o falta de documentación para el transporte de materiales por parte de los productores ladrilleros.

La disminución o pérdida en la fabricación de ladrillo en forma limpia y sistemática se relaciona con no poder generar recursos suficientes para sufragar gastos, especialmente imprevistos ante bajas en la actividad económica o

la ocurrencia de desastres naturales. En este contexto, los fabricantes se ven en la necesidad de vender a bajo costo su mercancía o una parte de ella para generar un ingreso que les permita subsistir. Los 546 hornos ladrilleros cuantificados actualmente en el estado de Querétaro generan empleo aproximadamente para 3800 trabajadores. En promedio, en cada horno laboran entre seis y siete trabajadores, quienes producen 10 mil ladrillos al mes. Cada ladrillo se vende al mayorista entre \$1.20 y \$1.60, dependiendo de la calidad, abundancia o escasez; su precio de venta al público es de \$1.80 a \$2.00, es decir, una ganancia que puede ir desde el 25 % hasta el 66.7 %. La economía de San Nicolás, Tequisquiapan como de otras localidades similares se sustenta principalmente en la producción artesanal de ladrillos rojos recocidos. A esta actividad se dedican 251 hornos artesanales en la localidad.

## ***PROCESOS Y CONDICIONES DE TRABAJO DURANTE LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES***

La elaboración de ladrillos en los hornos artesanales es un problema complejo que implica aspectos tecnológicos, ambientales, sociales, económicos, políticos, legales, laborales, organizacionales, etc.

Por aspectos tecnológicos se entiende el conjunto de herramientas e instalaciones que facilitan las actividades ladrilleras. En este sentido, aunque rústicos y tradicionales, los hornos ladrilleros permiten la producción de bienes, pero se caracterizan por ser extremadamente rudimentarios, ya que no dependen de ningún implemento sofisticado y se construyen, reparan y destruyen con fuerza.

Los hornos ladrilleros no son permanentes pues se construyen cuando se requiere fabricar ladrillos u otros produc-



tos; son demasiado ineficientes energéticamente, esto implica que se requiere gran cantidad de combustible para operar cada unidad.

Los aspectos ambientales se refieren al uso de los materiales combustibles, entendiendo por combustible a cualquier materia que suministre calor al arder con características particulares. En la actividad ladrillera artesanal la mayoría de los combustibles utilizados son residuos de procesos urbanos, domésticos e industriales. En algunos hornos ladrilleros se quema todo aquello que genera calor: neumáticos, madera, aceite automotriz, solventes, textiles, aserrín, envases de plásticos, residuos industriales y material orgánico de desecho.

Por lo general, se utilizan llantas usadas o plásticos para generar las llamas que encenderán el material para la cocción de los ladrillos. El encendido de los hornos con fuego directo genera emisiones nocivas para la salud, principalmente aerosoles o partículas atmosféricas en forma de humos densos y visibles. La materia prima para la fabricación de ladrillos no contiene elementos contaminantes, ya que está constituida básicamente por arcilla con agua, por otro lado el proceso de cocción consiste en el secado de la masa de ladrillo, iniciando con ello los cambios químicos de la arcilla, con propiedades de compactación y resistencia mayores.

Los aspectos sociales, económicos, políticos, legales, laborales, organizacionales, tienen un impacto directo sobre la salud de quienes se dedican a esta actividad y sobre el costo del ladrillo. Aunado a todo ello, también se debe tomar en cuenta el acoso por parte de las autoridades y la presión social.

## **OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA**

La arcilla se obtiene en el mismo sitio o bien de barrancos de corte en diversos terrenos, alejados del sitio de producción. Para extraerla es necesario escarbar el perfil con pico y pala, y cargar la tierra o arcilla con pala en camiones de volteo. Este procedimiento se realiza manualmente, durante el cual, el trabajador tiene que utilizar su fuerza física para escarbar y palear el material. La extracción y cargado del camión depende de las dimensiones del mismo; pueden ser 6, 8 ó 12 m<sup>3</sup>.

Para dimensionar el esfuerzo necesario para llenar un metro cúbico diremos que se requiere de 400 paleadas; para llenar un camión de 6 m<sup>3</sup> se requerirían 2400 paleadas, cada una implica el movimiento de todo el cuerpo y usar en promedio 8 segundos, esto significa que llenar un camión de 6 m<sup>3</sup> representa que un hombre dedique aproximadamente seis horas de forma ininterrumpida.

La arcilla se prepara mediante el amasado o batido con agua, misma que puede ser, según la localidad, de tubería o residual (figura 11). En primer lugar, el trabajador tiene que extender el montículo de arcilla y hacer una poza en donde agregará agua que tiene que acarrear en cubetas de 20 litros; luego mezclar y remover golpeando con los pies hasta lograr que la arcilla tenga una consistencia uniforme y plástica. Este procedimiento puede ocupar de 60 a 90 minutos, dependiendo de factores tales como la capacidad, habilidad y condición física del trabajador y la cantidad de material, que en promedio es de dos metros cúbicos de arcilla.



Figura 11. “Batidero” o área para preparar la mezcla de arcilla y arena.

## **CORTE DE LA MEZCLA**

Se denomina “corte de la mezcla” al rebatido de la arcilla en porciones de menor dimensión a la principal. Del total de la mezcla batida, el trabajador separa aproximadamente la sexta parte del total y la somete a un proceso de “tendido” para que la arcilla sea manejable, procedimiento que realiza varias veces hasta acabar con la “batida” completa.

La limpieza y preparación del terreno se refiere al acondicionamiento del área para “tender los ladrillos” (figura 12). Estas actividades se realizan con un rastrillo nivelador, generalmente de fabricación local, y con un bote para esparcir y humedecer el terreno; se utiliza además un “pisón” para compactar la superficie. De esta forma el trabajador tiene entonces que utilizar el nivelador, limpiar y humedecer el suelo. Este procedimiento se repite cinco veces durante la jornada.



Figura 12. Tendido de ladrillos.

## **PREPARACIÓN DE LA “MOLDERA” Y DEL “POLVILLO”**

Esta actividad tiene por finalidad la limpieza del molde. Se lleva a cabo con una cubeta de polietileno de alta densidad, desde la cual el trabajador extrae el agua con una mano mientras con la otra sostiene el molde, el trabajador tiene que eliminar todo tipo de residuos, directamente con sus manos, tallar y enjuagar el molde, esto sin ninguna protección. Si durante la jornada se elaboran 800 ladrillos y el molde tiene 15 quedades, el procedimiento de lavado de molde se repetirá 80 veces. Es importante señalar que la temperatura del agua en época cálida se encuentra aproximadamente a 14 °C y en invierno a 9 °C.

Cada molde es “polveado” con arena en la parte interior para impedir que la mezcla (argamasa) se pegue al molde y hacer el procedimiento más limpio. El procedimiento se repite en promedio de cien a ciento cincuenta veces por jornada,

dependiendo de la cantidad de ladrillos elaborados, que va de 500 a 750.

El trabajador tiene que esparcir el polvillo en el molde, tomar con las manos una cantidad calculada de arcilla y hacer una bola para cada ladrillo, pasándola por encima del polvillo para evitar que la masa de arcilla se adhiriera a las manos. A este procedimiento se le llama “boleo”. Dicho procedimiento se repite de quinientas a setecientos cincuenta veces por jornada (figura 13).



*Figura 13.* Proceso de moldeo de ladrillos.

El trabajador toma entre sus manos la bola de arcilla y la deposita en el molde (figura 14), y la acción se repite varias veces hasta llenar el molde. Esta actividad la realiza flexionando el torso hacia adelante y hacia abajo para colocar la bola de arcilla en el molde.



*Figura 14.* Manejo de la mezcla para su vertido en el molde.

## **OREADO, "CANTEO" Y APILADO DE LOS LADRILLOS**

El oreado y canteo se lleva a cabo conforme los ladrillos se empiezan a orear, y consiste en voltear el ladrillo de tal manera que quede apoyado en su propio canto (figura 15).



*Figura 15.* Oreado de ladrillos en apilamientos denominados "machines".

El apilado de los ladrillos para secado, consiste en el acomodo de los ladrillos en pilas o “machines” de aproximadamente ochenta centímetros de altura. Hasta aquí queda comprendida la primera fase en el proceso la producción de ladrillos y corresponde a la tarea diaria que los trabajadores tienen que hacer desde las seis o siete de la mañana hasta las seis o siete de la tarde. Cabe mencionar que esta fase se tiene que repetir hasta alcanzar la producción necesaria de ladrillos calculada para armar el horno y proceder a la quema de los mismos.

## ***PROCESO, PREPARACIÓN Y PRODUCTO FINAL***

La primera de las etapas finales para la elaboración artesanal de ladrillos consiste en acomodar los ladrillos dentro del horno, es decir “tejer” de manera especial para que permita la distribución del fuego y las altas temperaturas puedan llegar homogéneamente a todos y cada uno de los ladrillos banqueados para su quema o cocimiento. Dicho acomodo tiene que permitir la entrada de aire para lograr la combustión del material utilizado para la quema. Tiene que hacerse con sumo cuidado para evitar derrumbes y pérdidas de tiempo, trabajo y materiales (figura 16).



*Figura 16.* Ladrillos preparados en el horno.

Ya que están acomodados los ladrillos secos en el interior del horno, se cubren con adobe y lodo, de esta forma los propios ladrillos constituyen parte del sostén de las paredes del horno.

El procedimiento de horneado o quemado de los ladrillos consiste en someter los ladrillos a un cocido utilizando diversos combustibles, para proporcionar la temperatura adecuada y que puedan alcanzar la dureza y el color característicos. Dependiendo del método de cocción, el tamaño del horno y el tipo de material combustible, el procedimiento puede durar hasta 48 horas. Durante el tiempo mencionado, los trabajadores tienen que atizar de manera constante el combustible a través de las puertas del horno, hasta llegar al rendimiento o finalización del procedimiento.

Los hornos actualmente utilizan la siguiente secuencia:

- Se limpia de residuos de cargas anteriores.
- Se limpian las cámaras de combustión del horno.
- Se carga el horno con ladrillos de arcilla previamente expuestos al sol para secar el contenido de agua.
- Después de ser cargado, el horno es sellado con ladrillos en las paredes laterales. La cúpula se semisella con la misma carga de ladrillos y el sellado no es completo porque deben dejarse los espacios por donde se necesita que circulen los gases productos de la combustión que fluyen a alta temperatura.
- Se procede a iniciar la quema del combustible para generar los gases calientes que causarán el cocido de los ladrillos y los llevarán a ser ladrillos refractarios.
- Se continúa con la quema dos días completos.
- Termina la quema y se inicia el periodo de enfriamiento que toma otros dos días.





*Figura 17.* Horno ladrillero de San Nicolás, Tequisquiapan.

En San Nicolás, cada uno de los 251 hornos utiliza mil litros de combustible en la fabricación de 10000 ladrillos mensuales. Si estos hornos trabajan continuamente, su funcionamiento implica la utilización de 251 mil litros de algún tipo de combustible líquido mensualmente.

Al término de la cocción los ladrillos son sacados del horno y apilados en el patio de preparación, a este apilamiento se le conoce también como machines. Este procedimiento tiene que ver con la carga del producto, el envío y la descarga del mismo. Es un procedimiento que en la actualidad se sigue realizando también de forma manual, debe hacerse con cuidado para evitar que las piezas se dañen o fracturen (figura 18).

La entrega se hace de la siguiente forma: un trabajador reúne cuatro o seis piezas y las coloca en la orilla del camión y otro más las apila en la hilera correspondiente, otro método es lanzar pieza por pieza al trabajador de arriba, quien la acomoda en las hileras. En los diagramas 1 y 2 se resumen los pasos a seguir para la fabricación de ladrillo mediante la técnica artesanal y actual.



Figura 18. Tendido de los ladrillos para el secado.

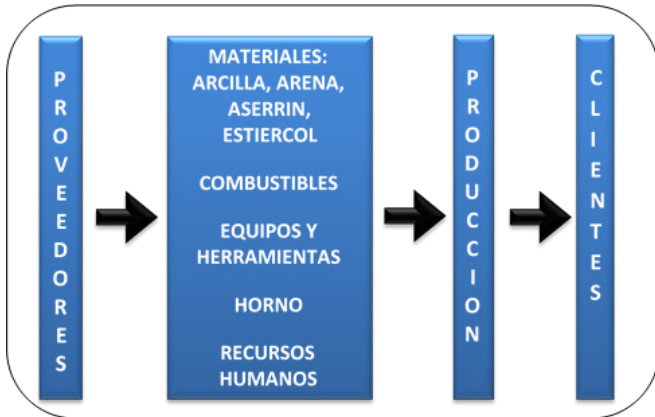


Diagrama 1. Modelo del sistema de producción artesanal de ladrillos.

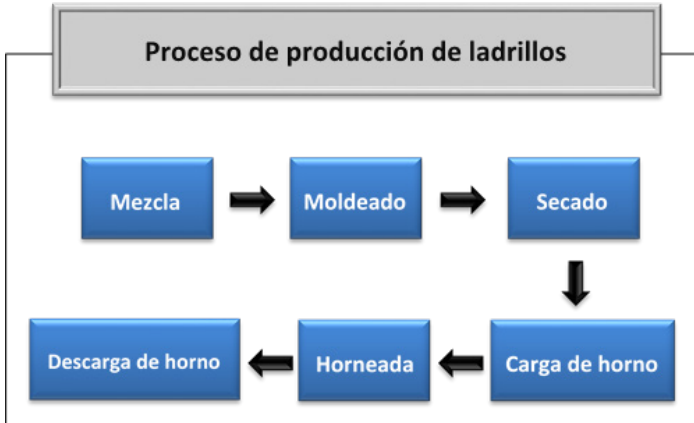


Diagrama 2. Proceso de producción de ladrillos.

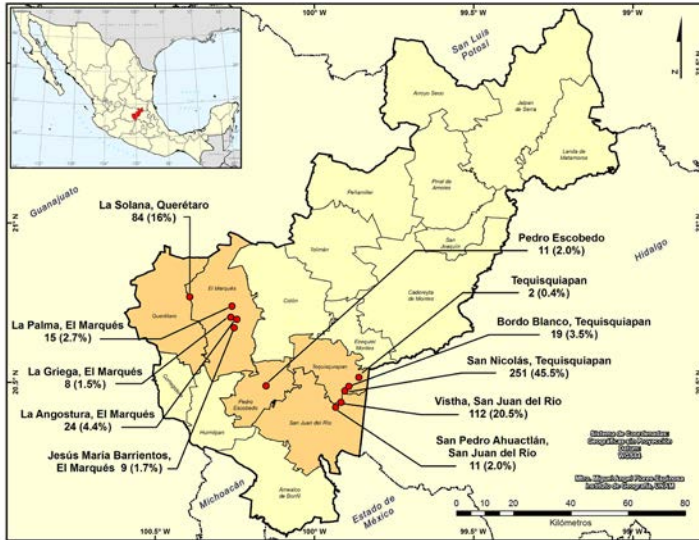
En el cuadro 17 se presenta el total de 546 hornos ladrilleros y la distribución por localidad de Querétaro (mapa 2), los cuales operan al 100 % de su capacidad, dependiendo de la

**Cuadro 17.** Número de hornos ladrilleros por localidad en Querétaro.

Localidad	Total de hornos
Tequisquiapan (cabecera)	2
Bordo Blanco, Tequisquiapan	19
San Nicolás, Tequisquiapan	251
Jesús Ma. Barrientos, El Marqués	9
La Angostura, El Marqués	24
La Palma, El Marqués	15
La Griega, El Marqués	8
Visthá, San Juan del Río	112
San Pedro, Ahuacatlán, San Juan del Río	11
La Solana, Querétaro	84
Pedro Escobedo	11
Total	546

Fuente: Rea et al., (2004).

demanda y necesidades económicas de las familias de cada una de las localidades.



Mapa 2. Distribución de hornos ladrilleros en Querétaro.  
Fuente: Flores-Espinosa, 2019.

Los combustibles usados con mayor frecuencia en San Nicolás, Tequisquiapan son: combustóleo, aceite automotriz y madera residual, mezcla de combustóleo y aceite usado, así como torta de filtración o “melcocha”, como la conocen localmente. En otras localidades, adicionalmente, usan residuos sólidos, residuos líquidos, aserrín, fibras sintéticas y naturales, plásticos, ceras, neumáticos, residuos industriales, residuos biológico infecciosos, mezclas de solventes y basura, entre muchos otros (figura 19).



Figura 19. Tambores metálicos para almacenamiento de combustible líquido.

El uso de materiales y residuos peligrosos como combustibles en los hornos ladrilleros se ha tolerado, bajo situaciones poco transparentes, por las autoridades federales, estatales y municipales, situación que viola la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) y diversas normas oficiales mexicanas (cuadro 18).

**Cuadro 18.** Combustibles frecuentemente utilizados en los hornos ladrilleros.

Combustible	Porcentaje (%)
Combustóleo	65
Aceite automotriz residuales	10.8
Madera residual (tarimas, embalajes u otros)	5.8
Combustóleo y aceite residual	2
Otros: residuos sólidos, residuos líquidos, aserrín, fibras, sintéticas y naturales, plásticos, ceras, llantas, residuos industriales, mezclas de solventes y basura	9.8

Fuente: Rea y colaboradores 2004.

Como se ha mencionado anteriormente, los combustibles utilizados durante todo el proceso son de diversa naturaleza. Actualmente, el tipo de combustible que se utiliza implica la quema de enormes cantidades de biomasa vegetal, como leña y tarimas de madera, pero también la quema de materiales como llantas, hules y aceites ya gastados que son altamente contaminantes y peligrosos para la salud.

La mayor parte de la literatura publicada confirma la presencia de compuestos químicos específicos, por lo que en años recientes se han incrementado los estudios sobre las mezclas complejas de contaminantes cancerígenos que emanan de los hornos artesanales de ladrillos. Entre esas sustancias tóxicas se encuentran los bifenilos policlorados (PCB), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y las dioxinas, sustancias prohibidas en México desde el año 1970.

Aunado a lo anterior, algunas de estas miniempresas utilizan combustibles no convencionales como neumáticos fuera de uso, aceite y polímeros residuales como son el polietileno tereftalato (PET), cloruro de polivinilo (PVC), el polietileno de alta densidad (PEAD) y el polietileno de baja densidad (PEBD), los cuales junto con los sistemas de combustión ineficientes provocan una combustión incompleta que genera dioxinas, PCB y otros contaminantes asociados al azufre y nitrógeno. Estos contaminantes a corto, mediano y largo plazos tienen efectos negativos sobre los ecosistemas y la salud humana.

Los hornos emiten partículas a la atmósfera de distinto tamaño y peligrosidad, las de tamaño mayor (partículas suspendidas totales, PST) afectan vías respiratorias superiores: nariz y garganta, así como los ojos; las partículas finas (diámetro menor a 2.5  $\mu\text{m}$ ) llegan a los alveolos pulmonares y pueden alcanzar el torrente sanguíneo hasta modificar el material genético, lo que les da las características cancerígenas y mutagénicas.

## **2.3 RIEGOS PRESENTES EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN ARTESANAL DE LADRILLOS**

El objetivo de esta sección es aportar información sobre los riesgos laborales que corren actualmente los trabajadores de los hornos ladrilleros de esta región. González y colaboradores (2008), narran detalladamente este procedimiento productivo y, aunque las condiciones entre localidades y las características culturales de la población pueden cambiar, los riesgos son los mismos. Para evaluar los riesgos y elegir las medidas preventivas destinadas a evitar o prevenir daños para la salud derivados del trabajo, es necesario clasificar los riesgos en: físicos, químicos, biológicos y mecánicos. Asimismo, las exigencias laborales pueden ser ordenadas en dos grupos: aquéllas que son originadas por las necesidades específicas que demanda el proceso laboral como consecuencia de las actividades que desarrolla el trabajador, y las que derivan de las formas de organización y división del trabajo; las primeras son denominadas exigencias fisiológicas y las segundas exigencias psicosociales.

El impacto de esta actividad sobre los aspectos sociales, económicos, tecnológicos y ambientales debe dar paso a la toma de acciones conjuntas entre autoridades gubernamentales, locales y federales, así como del sector privado y la academia, con el propósito de plantear soluciones viables e inmediatas.

Los riesgos físicos que se pueden sufrir en la fabricación artesanal de ladrillo son: la exposición a condiciones climáticas adversas, como la alta insolación en época de verano, exposición a bajas temperaturas y viento en época de frío y tolvaneiras prácticamente en todas las etapas de producción, debido a que ésta se realiza a cielo abierto. En la etapa de quema o cocimiento del producto, el ladrillero tiene que soportar altas temperaturas de forma intermitente durante las 18 a 36 horas que tiene que atizar el material combustible en los hornos.

En cuanto a los riesgos químicos, la mayor exposición se presenta en la etapa de quema o cocimiento, derivada de los

humos desprendidos por el combustible, que puede ser aceite quemado, diésel, neumáticos, madera o aserrín, así como los polvos originados por el manejo de la materia prima y algunos materiales para la combustión. También se presenta en la producción ladrillera una gran cantidad de contaminantes altamente tóxicos como: carbono negro, partículas finas, dioxinas y furanos, etc.

La exposición a riesgos biológicos, en algunos casos, se presenta con el uso de aguas negras o tratadas en la preparación de la arcilla y durante el acondicionamiento de sus instrumentos de trabajo. Asimismo por la carencia, en la mayoría de los casos, de agua potable para el aseo personal y de instalaciones sanitarias adecuadas. El riesgo biológico también se presenta por el uso de residuos infecciosos como combustibles. Una vez que los contaminantes generados por la fabricación de ladrillos entran en contacto con el ambiente (partículas finas, dioxinas y furanos, etc.), éstos son susceptibles a procesos de degradación biológicos, químicos y físicos. Sin embargo, bajo ciertas condiciones pueden mantenerse por largos periodos, incrementando el riesgo potencial al ambiente y a la salud humana (Sherine et al., 2010).

En lo que respecta a los riesgos mecánicos, estos son, en la mayoría de los casos, golpes contusos, machucones, laceraciones y caídas, que pueden ocurrir a lo largo del proceso de trabajo. Cabe mencionar que en la etapa de “banqueo” o acomodo del ladrillo dentro de los hornos, existe el riesgo de que éstos se desplomen, si el procedimiento no se realiza bien o si es mal calculada la carga y resistencia de la estructura que forma el horno. También existe el riesgo de heridas con objetos punzantes como clavos y trozos de madera o hierro, muy comunes en el área de trabajo.

Los trabajadores de los hornos ladrilleros son un sector altamente vulnerable en términos de marginalidad y condiciones de pobreza. Su esperanza de vida puede disminuir hasta en 20 años al estar expuestos a las emisiones del humo negro de los hornos.

Además de los riesgos mencionados, existe una serie de exigencias de carácter fisiológico, estrechamente relaciona-



das con la naturaleza del trabajo, así como exigencias psicosociales ligadas a la organización y división del trabajo.

En cuanto a las exigencias fisiológicas (figuras 20 y 21), se identifican las jornadas de trabajo en algunos casos de más de 12 horas diarias en la primera etapa, y las jornadas de más de 36 horas en la etapa de quemado o cocimiento del ladrillo. Queda manifiesta también la demanda física de alta intensidad de la mayoría de las etapas del proceso en la primera fase.



*Figura 20.* Trabajador durante sus labores en la fabricación de ladrillos.

Respecto a las exigencias psicosociales se identificaron: la inquietud causada por la dependencia respecto a la demanda de mercado del producto, el constante “coyoteo” de los intermediarios, el aumento continuo del precio de los combustibles y la escasez de los mismos, la incertidumbre en la venta del producto, y el riesgo latente de sufrir un accidente y perder días o semanas de trabajo, situación que implica perder un ingreso económico precario, pero estable.



*Figura 21.* El esfuerzo físico y las condiciones extremas son parte del ambiente laboral en las ladrilleras.

Los riesgos y exigencias que se observan en el proceso de fabricación de ladrillos artesanales son muy variados y se presentan de manera constante en todas y cada una de las etapas.

La intensidad del riesgo varía con relación a la fase y etapa del proceso. Los riesgos mecánicos tienen una mayor prioridad de atención durante la segunda y tercera etapas, correspondientes al acomodo o banqueo en los hornos de cocimiento y al quemado o cocimiento del ladrillo, por los procedimientos que se realizan a tres o más metros de altura durante la combustión.

Las personas que hacen ladrillo de manera artesanal suelen sufrir también trastornos de las vías respiratorias, ya que inhalan polvos como aserrín, barro y tierra para su producción, y no utilizan barreras de protección como cubrebocas.

Se estudió a 60 ladrilleros quienes fueron sometidos a pruebas de espirometría, que tiene como objetivo hacer una medición de la capacidad pulmonar, 44 % del sexo masculino y 56 % del sexo femenino. Hasta el 36 % de ellos presentó patrones obstructivos leves, que en este caso podría deberse a la inhalación de los polvos. Es importante saber que dada la alta condición de marginación, ninguna de las personas cuenta con seguro social o está registrada en el Seguro Popular.

Los riesgos biológicos están presentes de manera más intensa en los casos donde se usan aguas tratadas o residuales y en los emprendimientos donde se carece de agua potable, así como por los hábitos de higiene de los trabajadores. En el trabajo pueden colaborar todos los miembros de la familia. Los niños pisan la tierra y la amasan, y en estas fases de elaboración del ladrillo, ellos y los adultos tienen contacto con las aguas negras, lo que puede ser detonante para desarrollar diferentes tipos de parasitosis.

En una muestra de 70 personas de una comunidad ladrillera de San Nicolás se han detectado casos con sintomatología que indica la presencia de parásitos intestinales. Esta población presenta también trastornos músculo esqueléticos, consecuencia del acarreo y carga de la materia prima, los trabajos repetitivos, las posturas incómodas y los efectos desgastantes del sol durante las largas jornadas de trabajo.

Las enfermedades en los ladrilleros son el resultado de las condiciones de pobreza y carencias en las que laboran.

El horario del empleo es un factor que no tiene importancia, ya que la mayoría entra y sale a la hora que más le conviene; las personas que llegan de otra comunidad se quedan más tiempo ya que necesitan producir más para lograr compensar el gasto del pasaje. Las jornadas de trabajo van de 6 a más de 10 horas.

El sueldo es inestable: se gana a destajo, es decir, por la cantidad de ladrillos o tejas que cada persona pueda producir. El sueldo del trabajador va a depender del tamaño y grosor del producto que elabore. Así, tenemos que por un

ladrillo con grosor de 5 cm: se gana \$0.50; de 8 cm \$0.80 y de 10 cm \$1.00 En promedio un trabajador que hace ladrillos produce entre 500 y 700 piezas a la semana; en el caso de las personas que se dedican a hacer tejas (personas mayores), producen de 200 a 300 tejas. La mayoría de los entrevistados mencionaron ganar entre \$500.00 y \$750.00 semanales. Cabe mencionar que para los que trabajan con sus hijos, el sueldo se incrementa llegando hasta \$900.00. El trabajador puede adquirir un sueldo extra cada 15 ó 20 días, cuando se hace la quema del producto (regularmente lo hacen los adultos que trabajan con sus hijos) y con actividades como cargar el ladrillo o la teja para meterlos al horno y quemarlos. Por esto regularmente se pagan \$250.00, así sean 2 ó 3 trabajadores. Por la descarga (sacar el producto del horno) se pagan \$150.00.

Se pudo observar que las personas mayores son quienes se dedican a la elaboración de tejas, las adultas a la producción de ladrillos, los jóvenes y niños intervienen en las siguientes actividades:

- a) Voltear y raspar los ladrillos.
- b) Enrejar ladrillos o tejas.
- c) Cargar ladrillos o tejas y llenar los hornos.
- d) Cargar y descargar el producto.
- e) Supervisar el secado del producto.

Actualmente, el ladrillo es el principal producto que se comercializa en las ladrilleras dejando en segundo plano a las tejas, las que se comercializan dependiendo de la demanda. La comercialización de ladrillo ha tenido bajas en la demanda, sin embargo se mantiene una producción constante.

La problemática mercantil es un motivo desalentador para los ladrilleros del estado de Querétaro. Sin embargo, siguen produciendo y vendiendo, aunque no en volúmenes que les permitan un ingreso conveniente y, como consecuencia, tener salud y una vida digna.

La comercialización de ladrillos mejora cuando las ventas se hacen directamente con ingenieros, empresas constructoras o albañiles que necesiten del producto. La demanda es mayor y de esta manera se puede trabajar por periodos largos que van desde tres a seis meses, hasta cumplir con los pedidos. Sin embargo, esta situación tiene la desventaja de ser esporádica. Aun teniendo esto en cuenta, también hay un mercado que los busca por recomendación.

Una labor asociada a la elaboración de ladrillos es la construcción de bóvedas. Algunos trabajadores de los hornos también se dedican a esta actividad y son conocidos como “bovederos”. Utilizando sólo su cuchara de albañil y yeso, estos artesanos han perfeccionado su técnica constructiva a través de los años. Como resultado, en el centro de México se encuentran numerosos ejemplos de bóvedas estilo catalán, en especial en el municipio de San Nicolás. La bóveda ha probado ser una de las estructuras más fuertes que se pueden construir, soporta cantidades considerables de peso, es fresca y, sobre todo, muy hermosa.

## **2.4 TECNOLOGÍA EMPLEADA Y NIVELES DE EFICIENCIA**

La tecnología de los hornos ladrilleros es ineficiente porque requiere una gran cantidad de energía por cada ladrillo, tabique, teja, o cualquier otro producto que allí se elabora. La solución de esta problemática implica no sólo el diseño e implementación de modelos tecnológicos, sino también de la búsqueda de combustibles amigables con el ambiente. El proceso de elaboración y cocido artesanal de la arcilla contribuye al deterioro del ambiente debido al uso de combustibles altamente contaminantes.

Actualmente se maneja una producción mensual por horno de 16000 ladrillos aproximadamente, que se consigue de

manera artesanal, con cuatro quemas mensuales de 4000 ladrillos por quema, con una duración unitaria promedio de siete días. Del total mensual se comercializan en promedio 12000 ladrillos y se pierde el 20 % por problemas de calidad final. De éste, una parte se revende como ladrillos de segunda a un precio inferior al estándar. Sin embargo, los pedidos oscilan alrededor de las 40000 unidades/mes, dato promediado de lo requerido por los clientes en los últimos ocho meses.

De acuerdo con el Censo Económico 2009 del INEGI, en el país había 10 mil 251 unidades económicas de fabricación de ladrillos, aunque la Red de Información de Productores de Ladrillos (Red Ladrilleras) estima que en México existen 16 mil 953 unidades de producción. Se trata, entonces, de un sector de gran impacto económico que a la fecha sigue manteniendo procesos de producción artesanales y rústicos altamente contaminantes.

La baja eficiencia de los hornos ladrilleros, así como la organización del espacio de producción provocan procesos de alto consumo de energía, ya sea humana o material. Es necesario diseñar hornos eficientes respetando los procesos tradicionales donde el uso de recursos locales es fundamental. De la misma forma es indispensable estudiar el espacio en el que se realiza la producción ladrillera para hacer más eficientes las actividades y con ello reducir la inversión de energía humana.

Actualmente los ladrillos se elaboran con mezclas variables de arcilla, arena y en algunos casos aserrín o estiércol. El origen de la arcilla, así como las proporciones de los distintos componentes, las características del horno y la temperatura de cocimiento, dan como resultado ladrillos con características físicas y propiedades mecánicas diversas, lo que influye sobre el precio de venta y la resistencia de las construcciones.

Es necesario realizar investigación aplicada para identificar mezclas de materiales inorgánicos y orgánicos de origen local para reducir el uso de arcillas y mantener las características físicas y mecánicas de los ladrillos, reduciendo el impacto ambiental por la extracción de arcillas.

La causa última que desencadena los procesos descritos en este documento, comienza en la demanda originada por la industria de la construcción y los grandes consorcios de materiales del ramo, quienes establecen un precio subvaluado a los ladrillos rojos de \$1.2 a \$1.6 pesos por pieza. Valor que impide generar utilidades que puedan invertirse en mejoramiento tecnológico, adquisición de combustibles amigables con el ambiente y sufragar los pagos de seguridad social para los trabajadores de los hornos. Derivado del crecimiento poblacional, las áreas urbanas prácticamente se encuentran dentro de la periferia de las productoras ladrilleras, por lo que cada vez reciben mayor presión por parte de la comunidad para reducir sus emisiones debido a su impacto en la salud de la población que se refleja en enfermedades respiratorias producto de su exposición.

Finalmente, las condiciones de trabajo que los ladrilleros enfrentan cada día son en extremo difíciles, y si añadimos a esto sus condiciones de vida, económicas, de salud y nutrición, resulta ser una colectividad altamente vulnerable, que requiere alternativas de solución a su problemática en un corto plazo. Por lo anterior, es importante que en el futuro la autoridad federal contribuya a resolver el problema de contaminación que generan las ladrilleras artesanales incentivando tecnologías limpias.

# Capítulo 3



### 3. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

*La tierra me quiere arrebatarse,  
el agua me quiere arrebatarse,  
el aire me quiere arrebatarse,  
y sólo fuego, y sólo fuego voy a dar.*

Silvio Rodríguez, “*Me acosa el carapálida*”

Como se mencionó en el capítulo anterior, la actividad ladrillera tiene impactos sobre la salud de las personas expuestas tanto en ambientes comunitarios como laborales, lo que implica que los impactos en la salud de la población no laboral y laboralmente expuesta sean graves. Es decir que la exposición a un contaminante es compleja de enfrentar, más aún cuando no hay consenso sobre sus efectos y no se conoce totalmente el impacto de cada vía de exposición de la población.

Las fuentes de contaminación en la industria ladrillera artesanal están vinculadas principalmente al tipo de combustible utilizado y al proceso de fabricación de ladrillos, generando contaminantes (orgánicos e inorgánicos), así como alteraciones del paisaje natural de los lugares donde esta actividad se practica, presentando un daño mayor cuando se realiza a cielo abierto. En los últimos 10 años entidades académicas y de investigación, han realizado distintos estudios y acciones para dar a conocer y mitigar el problema de la contaminación derivada de esta actividad.

Es importante destacar que la contaminación atmosférica, no es sólo un problema aislado, sino un conjunto de problemas relacionados entre sí. Se debe hablar de un daño por contaminación en distintas matrices ambientales (aire, agua, suelo), en donde los efectos reales son diversos, debido a que no en todos los casos se conoce a detalle el impacto y la vía de entrada al organismo. Los contaminantes se propagan y se dispersan por acción del viento y pueden llegar a grandes distancias de la fuente de emisión (De Nevers, 2000).

La contaminación del agua, el aire y el suelo es la consecuencia de las actividades que el hombre ha desarrollado para vivir y mejorar su calidad de vida. Sin embargo, el hombre se ha olvidado de vivir en armonía con la naturaleza y de cuidarla. Hoy tenemos un sinnúmero de sustancias químicas y biológicas en el ambiente que significan un riesgo para la salud, ya sea por sus altas concentraciones o debido a su naturaleza tóxica.

**Contaminantes primarios:** son aquellas sustancias que se emiten directamente a la atmósfera, sus fuentes son diversas dando lugar a la llamada contaminación convencional. Su naturaleza física y su composición química son variadas, entre los primarios se destacan el monóxido de carbono (CO), los óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>) y de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), los hidrocarburos (HC), y las partículas atmosféricas (PM), entre otros (McGraw, 2009).

**Contaminantes secundarios:** son aquellas sustancias que tienen su origen a partir de los contaminantes primarios. Su formación es consecuencia de numerosas reacciones químicas que tienen lugar en la atmósfera. Entre los más importantes se encuentran el ozono troposférico (O<sub>3</sub>), los nitratos de peroxiacetilo (PAN, por sus siglas en inglés), los sulfatos (SO<sub>4</sub>) y los nitratos (NO<sub>3</sub>), etc. Estos pueden tener como consecuencia daños en ocasiones mayores que los que se producen por los contaminantes primarios, provocando impacto local, regional y global en la calidad del aire.

Por lo anterior y conociendo la producción artesanal de ladrillo, sabemos que ésta produce un deterioro grave por la emisión de cantidades significativas de contaminantes gaseosos y partículas. Iniciando desde la excavación y preparación de la arcilla, el cocimiento del ladrillo y su salida del horno, acompañado de la generación de polvos (emisiones) cerca y lejos del lugar de origen. Los hornos son de tecnología obsoleta, de baja eficiencia térmica y por consecuencia de combustión ineficiente.

La contaminación atmosférica proveniente de los hornos ladrilleros artesanales en México representa una violación a las leyes ambientales y obedece a la ausencia de una norma-

tividad regulatoria; el crecimiento de hornos ladrilleros sin regular en el país representa una amenaza día a día para la salud pública (INEGI, 2005).

### 3.1 CONTAMINACIÓN AMBIENTAL A NIVEL INTERNACIONAL

Desde el comienzo de la revolución industrial en el siglo XVI-II, la contaminación ambiental se ha convertido en un problema global transfronterizo que afecta el aire, el agua, el suelo y los ecosistemas en general. Un factor clave es el crecimiento de la población mundial: desde 1950, cinco años después de la fundación de las Naciones Unidas, se estimaba que la población mundial era de 2600 millones de personas. Eventualmente se alcanzaron los 5000 millones en 1987 y, en 1999, los 6000 millones. En octubre de 2011, se estimaba que la población mundial era de 7000 millones de personas. Para conmemorar este acontecimiento histórico, se puso en marcha un movimiento global llamado “Un mundo de 7 mil millones”. Por último, a mediados de 2015, la población mundial alcanzó los 7300 millones de habitantes, lo que significa que, en 16 años, el número de personas en el mundo aumentó en más 1000 millones.

La contaminación está vinculada a tres actividades humanas principales: el uso de combustibles fósiles, principalmente para la industria y el transporte; a los plaguicidas y fertilizantes utilizados en la agricultura; y al creciente uso de productos químicos. De 1990 a 2010, las emisiones mundiales anuales de combustibles fósiles aumentaron en un 50 %, de alrededor de 6 mil millones de toneladas a casi 9 mil millones de toneladas. En cuanto a los productos químicos, sólo en Europa se comercializan más de 100 000 sustancias, y el número de nuevas sustancias que entran en el mercado mundial está aumentando rápidamente (SEMARNAT, 2009).

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2014), la contaminación atmosférica causa alrededor de dos millones de muertes prematuras al año en todo el mundo; entre los grupos poblacionales de mayor riesgo al impacto de

la mala calidad del aire están los niños, debido a que ellos se encuentran en etapas de crecimiento y desarrollo.

Los habitantes de las grandes ciudades han tenido que hacer frente a los problemas de contaminación atmosférica en las últimas décadas dependiendo de las rutas de emisión (global y regional), así como cambios en el clima. Un ejemplo de estos problemas de contaminación atmosférica derivado del transporte de contaminantes que llegan a Europa es el aumento de las emisiones de metano y otros precursores en otras partes del mundo, lo que se ha buscado mitigar mediante medidas europeas de emisiones; sin embargo, a pesar de las reducciones sustanciales de los gases precursores del ozono en 2002-2011, las concentraciones medidas en Europa solo han disminuido marginalmente. La disminución en la emisión de partículas en Europa es, al menos, evidencia parcial del transporte intercontinental de partículas atmosféricas y precursores del ozono (SEMARNAT, 2009).

Del mismo modo, en febrero de 1997, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2005), convocó a un Comité Intergubernamental de Negociación, con el objetivo, de elaborar un instrumento internacional jurídicamente vinculante para la aplicación de medidas internacionales respecto de ciertos contaminantes orgánicos persistentes (COP), derivados de la combustión de diversos materiales. De esta forma, países de América del Norte, entre los cuales se encuentra México, al igual que los de Centroamérica y el Caribe, han tomado parte en un largo proceso desarrollado en el seno de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), para reducir o eliminar los usos no esenciales y la liberación al ambiente de los COP.

Posteriormente tuvieron lugar cinco reuniones de Comités Intergubernamentales de Negociación en Montreal (1998), Nairobi (enero de 1999), Ginebra (septiembre de 1999), Bonn (marzo de 2000) y Johannesburgo (diciembre de 2000). Estos lograron acordar un tratado internacional que lleva por nombre “Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes”, firmado oficialmente en mayo de 2001 en Estocolmo, Suecia. Una vez firmado el Convenio, el primer paso fue la implementación de planes nacionales e interna-

cionales de aplicación, que tienen como base principal apoyar a los países firmantes a aplicar las medidas destinadas a cumplir las obligaciones contraídas en virtud del Convenio

En una primera discusión fueron 12 los principales COP que debían eliminarse, conocidos como la *docena sucia*: aldrin, PCB, clordano, dicloro difenil tricloroetano (DDT), dieldrina, dioxinas, endrina, furanos, heptacloro, hexaclorobenceno, mirex y toxafeno.

A mediados de los sesenta se declaró la llamada *docena sucia*, así como la mayoría de las sustancias candidatas a ser eliminadas dentro del marco de este acuerdo en el futuro, que actúan como disruptores endocrinos. Dentro del Convenio existen, por ejemplo, numerosas menciones a algunos aspectos de la disrupción hormonal, resaltando la especial problemática para las mujeres en edad reproductiva, así como su resistencia a degradarse, detectándose su presencia no sólo en aves, sino en muchas otras especies animales, así como en el agua, el aire, el suelo y las plantas. El transporte, deposición y transformación química de estos compuestos depende de las condiciones atmosféricas presentes (temperatura, humedad y precipitación).

El crecimiento económico y la voracidad de los empresas transnacionales y nacionales ha producido aproximadamente cinco millones de sustancias químicas, de éstas el 0.07% se consideran tóxico-peligrosas. Estas sustancias, cuya producción se ha justificado mediante argumentos que las hagan ver como vitales para mejorar la calidad de vida de los seres humanos, dañan la salud humana y la de los ecosistemas.

Es importante señalar que internacionalmente cada país debe elaborar programas preliminares para la identificación de fuentes contaminantes y aplicar planes para disminuir y eliminar las emisiones de contaminantes en la medida de lo posible.

## 3.2 CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN MÉXICO

En México, estados como Querétaro, Guanajuato, Jalisco, San Luis Potosí, Zacatecas, Sonora, Chihuahua, Puebla y Tlaxcala albergan al 58.64 % del total de las 17 054 ladrilleras artesanales del país de acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC, 2013).

En el 2002, se presentó el Primer Diagnóstico Nacional de Salud Ambiental y Ocupacional, realizado por la Dirección General de Salud Ambiental perteneciente a la Secretaría de Salud, reportando que tan sólo en el área metropolitana de la Ciudad de México, las ladrilleras trabajan con sistemas tecnológicos obsoletos que causan serios problemas a quienes trabajan en ellas, así como a la población en general.

En 2008, en el estado de Guanajuato se contabilizaron 2362 ladrilleras, cifras reportadas por el Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas (CIATEC). Investigadores de este centro realizaron el proyecto “Determinación de emisiones de gases de efecto invernadero en base a factores de emisión y monitoreo de eficiencia energética”, financiado por el INECC.

En el 2011, Bocanegra y colaboradores, realizaron un estudio utilizando hojas de la especie vegetal *Eriobotrya japonica* (níspero), con el objetivo de evaluar la contaminación atmosférica por hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH, por sus siglas en inglés) en una zona ladrillera, como una alternativa de muestreo pasivo en aire, utilizando a la especie vegetal como trazador biogeoquímico en zonas impactadas por la actividad ladrillera.

En los últimos 15 años, México ha iniciado distintos estudios y acciones para mitigar el problema de contaminación ambiental producida por los hornos ladrilleros artesanales al norte del país, algunos de los cuales muestran resultados preocupantes, observando con ello que aún queda mucho por conocer y ejecutar. Estos y otros estudios han demostrado al gobierno mexicano la vulnerabilidad de la situación

ambiental derivada de la actividad ladrillera, que ha llevado a instancias gubernamentales a emitir regulaciones técnicas de observancia obligatoria expedidas por las dependencias competentes, tales como las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), en materia de calidad del aire.

La normatividad está determinada particularmente por la Secretaría de Salud, y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT); ambas Secretarías han desarrollado Normas Oficiales Mexicanas (NOMs) enfocadas a la protección de la salud de la población estableciendo los límites máximos permisibles para varios contaminantes.

Las NOM son regulaciones técnicas que contienen la información, requisitos, especificaciones, procedimientos y metodología que permiten a estas dependencias gubernamentales establecer parámetros evaluables para evitar riesgos a la población. La OMS ha aplicado guías sobre la calidad del aire, estas normas o estándares establecen los niveles de concentración máxima de contaminantes del aire, durante un periodo definido, que en su condición de cuerpo receptor es recomendable para evitar riesgo en la salud humana, los cuales se derivan de estudios toxicológicos y epidemiológicos.

Un ejemplo de ello es la NOM-165-SEMARNAT-2013, la cual presenta una lista de sustancias sujetas al registro de emisiones y transferencia de contaminantes. Quedando confirmado que la contaminación atmosférica es un fenómeno de orden regional y subregional, por la capacidad de los agentes contaminantes de transformarse y recorrer largas distancias atravesando fronteras nacionales y continentes, como se observa en el cuadro 19.

**Cuadro 19.** Escala de contaminación.

Escala	Alcance en km	Fuente
Local	5	Vehículos, pequeñas industrias
Urbana	5-50	Industria, formación de nuevas partículas
Regional	50-500	Industria, lluvia ácida
Continental	500-varios miles	Industria, quema de combustibles fósiles
Global	Mundial	Industria, quema de combustibles fósiles

### 3.3 CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN QUERÉTARO

La industria ladrillera en Querétaro se desarrolla bajo un cielo sin nubes, en un clima desértico marginal que se caracteriza por grandes variaciones diarias de temperatura, intensa radiación solar, humedad relativamente baja, constantes y a veces intensos vientos y escasas precipitaciones. Estudios realizados por grupos de investigación de instituciones académicas en Querétaro han reportado la presencia de COP emitidos a la atmósfera provenientes de la combustión incompleta de hidrocarburos y de materiales residuales utilizados en los hornos ladrilleros. Esto ha sido reportado por Longoria y colaboradores en 2009, quienes detectaron la presencia de dioxinas en muestras de polvos obtenidos de lugares cercanos a los hornos ladrilleros, detectando concentraciones entre 20 y 50 veces el límite máximo permisible marcado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica (EPA por sus siglas en inglés), institución que señala como límite máximo una parte por millón (1 ppm) para suelos urbanos.

En Querétaro no existe una norma oficial que regule el funcionamiento de las ladrilleras artesanales, mientras que en el estado de Guanajuato se emitió en 1988 la norma NTE-IEG-001/98, la cual especifica que:



- Los hornos ladrilleros no deben estar ubicados cerca de áreas naturales protegidas, de preservación ecológica, áreas con especies endémicas, raras o sujetas a protección especial, amenazadas y en peligro de extinción.
- Los hornos deben estar a más de 5 km de asentamientos humanos mayores a 2500 habitantes.
- Estas miniempresas deben instalarse en sitios desde los cuales las emisiones no incidan en centros de población en ninguna época del año y al menos a 1500 m de las carreteras.
- Deben registrarse y obtener la autorización correspondiente para su funcionamiento, trabajar con combustibles autorizados, entre otras especificaciones.

Como se ha mencionado, los COP son compuestos orgánicos que, en diversa medida, resisten la degradación fotolítica, biológica y química. Aunque pueden existir muchas formas diferentes de COP, tanto naturales como antrópicas, sobresalen por sus características de persistencia y bioacumulación, los bifenilos policlorados (BPC), o productos secundarios industriales como las policloro-dibenzo-dioxinas (dioxinas) y los policloro-dibenzo-furanos (furanos).

Para el caso de los BPC, la EPA señala un límite máximo permitido de 0.00008 ppb para los cuerpos de agua y la Administración de Alimentos y Drogas de los Estados Unidos de Norteamérica (FDA, por sus siglas en inglés) considera en alimentos un límite de 0.2 a 3 ppm.

Investigadores de la Universidad Autónoma de Querétaro realizaron estudios en la localidad de San Nicolás. Este grupo detectó que los hornos ladrilleros de Querétaro incorporan a su proceso de combustión, mensualmente, 41 mil litros de aceites residuales, 272 mil litros de combustóleo, y 9250 litros de mezcla de combustóleo y aceite automotriz residual. Asimismo, tomando en cuenta un área de 5 km de influencia radial respecto de las localidades con hornos ladrilleros, esta actividad estaría afectando a 198 mil habitantes, además de

la contaminación a la producción agropecuaria: carne de bovinos, ovinos, porcinos, aves, derivados lácteos, frutas, granos y verduras.

Adicionalmente, la actividad ladrillera genera erosión del suelo y disminución del terreno cultivable, deterioro estético debido a la degradación del suelo y acumulación de residuos, afectación de plantas y animales nativos o endémicos e incluso problemas sociales como explotación laboral de menores, inasistencia escolar o deserción a la educación básica, entre otros.

Rodríguez y colaboradores señalan que los contaminantes emitidos por los hornos ladrilleros se distribuyen espacialmente de acuerdo con la dirección de los vientos dominantes con una zona de influencia que abarca la zona urbana de San Nicolás. En ese estudio, los investigadores realizaron la prueba biológica conocida como ensayo cometa, la cual permite identificar los daños que ejercen diversos contaminantes presentes en el aire a nivel de ADN.

Por su parte, Trejo y colaboradores (2008), confirman que el aceite utilizado como combustible en los hornos ladrilleros contiene bifenilos policlorados. Muestras de sangre de 48 niños residentes de San Nicolás presentaron un promedio de 208 ng de bifenilos policlorados por mg de lípidos, mientras que esta sustancia tóxica no se encontró en muestras de sangre de 186 niños de ocho localidades de Durango, San Luis Potosí, Guanajuato, Michoacán, Chiapas, Veracruz, Zacatecas y de otro municipio de Querétaro.

En la figura 22 se visualiza un día sin nubes y sin emisiones de humo, mientras que en la figura 23 se perciben claramente las columnas de humo que emergen de los hornos ladrilleros. Como se mencionó anteriormente, los vientos dominantes son de noroeste a sureste, por lo que la mayor cantidad de emisiones atmosféricas se dirigen hacia la ciudad de San Juan del Río, aunque también llegan a otras localidades de este municipio, así como a la cabecera municipal de Tequisquiapan y su entorno.



Figura 22. Vista de San Nicolás sin humaredas y con cielo despejado. Fuente: Google Maps, 21 de septiembre, 2011



Figura 23. Vista de San Nicolás con humaredas originadas por los hornos ladrilleros. Fuente: Google Maps, 21 de septiembre, 2011.

En la figura 24 se observa la dispersión de emisiones desde San Nicolás hacia sus alrededores. Se incluye además un espectro de colores que indican la concentración de PST (microgramos/m<sup>3</sup>).

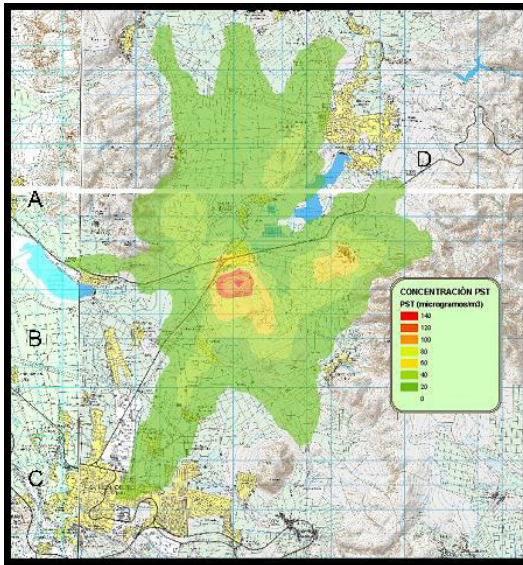


Figura 24. Dispersión de emisiones desde San Nicolás hacia las localidades vecinas.

Fuente: Rea y colaboradores, 2004.

Otra de las evidencias las presenta Goddard y colaboradores (2010), ellos señalan que el 47% de los hornos ladrilleros en San Nicolás se encuentran en áreas de traspatio de casas habitación; en promedio ocho personas se exponen ocupacionalmente a condiciones negativas en los hornos y el 100 % de la población de esta localidad está expuesta a niveles superiores al de riesgo mínimo para daño inmunológico.

El 50 % de la población infantil presenta BPC en la sangre, así como lindano, plomo y arsénico. 190 mil personas viven en un perímetro de cinco kilómetros alrededor de los hornos ladrilleros La concentración de BPC varía con el punto de muestreo, la época del año y las condiciones meteorológicas, pero en algunos muestreos realizados en la localidad se ha encontrado que la concentración de bifenilos policlorados está entre 3000 y 5000 mg/kg, mientras que la

NOM-133-SEMARNAT-2000 señala como límite máximo 5.0 mg/kg para suelos de uso residencial y 25 mg/kg en caso de uso industrial, es decir, de 200 a 1000 veces arriba del límite permitido.

La Universidad Autónoma de San Luis Potosí y el Instituto Nacional de Ecología (2004) señalan que, de acuerdo con una investigación realizada con muestras de sangre y orina en niños en ocho localidades de la República Mexicana, en las localidades cercanas a emprendimientos ladrilleros, los niños muestran mayores niveles de BPC y hexaclorobenceno. En el caso del hexaclorobenceno, tres de las cinco localidades estudiadas, con presencia de este compuesto, están cerca de emprendimientos ladrilleros.

De acuerdo al estudio mencionado, fueron los niños de San Juan del Río, Querétaro, los que presentaron los niveles más elevados de BPC y hexaclorobenceno (Cuadro 20).

**Cuadro 20.** Presencia de BPC y hexaclorobenceno en muestras de sangre y orina de niños de nueve localidades de México (ng/g).

Localidad	Bifenilos	Bifenilos	Bifenilos	Hexacloro- benceno
	policlorados 138	policlorados 153	policlorados 180	
Comarca Lagunera, Dgo.	ND*	ND	ND	6.5
Zacatecas	ND	ND	ND	22.9
San Luis Potosí	15.7	11.6	ND	-
Querétaro	ND	ND	ND	3.5
San Juan del Río, Qro.	87.1	101.8	4.8	83.3
Puerto Madero, Chis.	ND	ND	ND	23

\*ND: no determinado. Fuente: Universidad Autónoma de San Luis Potosí-INE, 2004.

El hexaclorobenceno no existe de forma natural en el ambiente, su presencia se debe a las actividades humanas como son:

- La incineración o combustión de residuos sólidos municipales, hospitalarios y peligrosos.
- Fabricación de pulpa de papel blanqueada con gas cloro.
- Fabricación de pentaclorofenol.
- Destrucción térmica de los BPC.
- La combustión de madera impregnada con pentaclorofenol.
- La dispersión de suelos, sedimentos o vegetación contaminada.

La dispersión del hexaclorobenceno se da mediante fenómenos meteorológicos como el viento, la lluvia y de mecanismos biológicos a través de la cadena alimentaria.

## **3.4 PARTÍCULAS ATMOSFÉRICAS: ORIGEN Y PELIGROSIDAD**

Las partículas que se encuentran en la atmósfera y se transportan por medio del aire pueden ser sólidas o líquidas. Tras su emisión, éstas se dispersan, se precipitan y se resuspenden en el aire. El total de partículas que se encuentran en un determinado volumen de aire se denominan partículas suspendidas totales (PST).

El tamaño y forma de una partícula es indispensable para su clasificación, el tamaño puede determinarse por diversas técnicas, como son: microscopía electrónica, movilidad eléctrica y comportamiento aerodinámico. El diámetro de una partícula se denomina diámetro aerodinámico equivalente (DAE). Las partículas pueden ser ultrafinas, finas, gruesas y extragruesas (Cuadro 21).

**Cuadro 21.** Clasificación de partículas atmosféricas según su tamaño.

Nombre	Medida
Ultrafinas	Menor o igual a 0.1 $\mu\text{m}$ *
Finas	Más de 0.1 $\mu\text{m}$ 2.5 $\mu\text{m}$
Gruesas	Más de 2.5 $\mu\text{m}$ y menos de 10 $\mu\text{m}$
Extragruesas	Mayor a 10 $\mu\text{m}$

\* $\mu\text{m}$ : micrómetro o micra, correspondiente a la millonésima parte de un metro.

Las primeras son las de diámetro aerodinámico menor o igual a 0.1  $\mu\text{m}$ , el segundo grupo está formado por partículas menores o iguales a 2.5  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2.5}$ ). El tercer grupo de partículas está constituido por aquellas cuyo diámetro aerodinámico es mayor a 2.5  $\mu\text{m}$  y menor a 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ). Las partículas extragruesas superan las 10  $\mu\text{m}$ . Por su forma, las partículas se clasifican en: esfera sólida, esfera hueca, sólido irregular, hojuela, flóculo condensado y agregado.

Dentro de las partículas  $\text{PM}_{10}$  se encuentran los aerosoles primarios del carbón y aerosoles secundarios resultado de transformaciones químicas seguidas por procesos de condensación. Las  $\text{PM}_{10}$  son resultado de procesos mecánicos como la resuspensión, abrasión o fricción derivados de procesos biogénicos o naturales como la erosión del suelo, la dispersión de esporas, polen, partículas de hojas, polvos generados por el tráfico de organismos o vehículos. La peligrosidad de estas partículas se debe a que sobre su superficie se pueden adsorber (no confundir con *absorber*) o fijar otro tipo de materiales o residuos contaminantes.

Las partículas suspendidas pueden ser de origen natural, también denominadas biogénicas y las generadas por las actividades humanas o antrópicas. Las primeras son derivadas de la erosión del suelo, la descomposición de los organismos vivos, las partículas marinas, la erupción volcánica, el ingreso de cuerpos celestes, entre otros. Las generadas por

los seres humanos se derivan de la quema de combustibles fósiles en fuentes fijas (industrias, talleres y otros) y fuentes móviles como automóviles, autobuses, ferrocarriles, barcos, aviones, entre otros.

En las zonas urbanas e industriales de México se generan diversas partículas, cuya presencia en el aire causa padecimientos en la salud humana, provoca efectos dañinos en los ecosistemas, destruye el patrimonio material y cultural (edificios, zonas arqueológicas, entre otras) y afecta las actividades productivas como la agricultura, ganadería, silvicultura, pesca, entre otras.

El funcionamiento de hornos artesanales ladrilleros fomenta la aridez del suelo por deposición de cenizas y erosión de los mismos por su uso como materia prima. El funcionamiento de las ladrilleras artesanales trae consigo riesgos a la salud por las inmisiones en poblados cercanos, riesgos a la seguridad vial por las columnas de humos formadas que impiden la visibilidad en la carretera, deterioro al ambiente por la actividad de excavación, emisión de partículas atmosféricas y generación de residuos sólidos (figuras 25 y 26).



*Figura 25.* Impacto al ambiente provocado por los hornos ladrilleros





Figura 26. Emisiones generadas por un horno ladrillero artesanal.

Los daños severos ocasionados como producto de la actividad de la quema de ladrillos se presentan con mayor incidencia durante la excavación y durante la emisión de gases de combustión. Los hornos ladrilleros son fuente de monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), óxidos nitrosos ( $\text{NO}_x$ ) especialmente  $\text{NO}_2$ , óxidos de azufre ( $\text{SO}_x$ ) y metales pesados (Cuadro 22).

El  $\text{CO}$  es un gas tóxico formado por la combustión incompleta de carbono, es incoloro, inodoro e insípido sin efectos irritativos. Este se absorbe a través de la mucosa respiratoria, pasa rápidamente a la sangre para combinarse con la hemoglobina formando carboxihemoglobina, sustancia incapaz de transportar oxígeno, produciendo hipoxemia y asfixia celular. Los síntomas de la intoxicación por  $\text{CO}$  incluyen cefaleas, mareos, cansancio, náuseas, vómitos, palidez, disnea o dificultad de respirar, palpitaciones, irritabilidad, somnolencia, confusión, letargia, coma y muerte cuando el nivel de carboxihemoglobina en la sangre supera el 70 %.

El  $\text{CO}_2$  es un gas de efecto invernadero que afecta la salud de forma directa debido al cambio climático (precipitaciones, lluvia ácida, exposición al estrés térmico) y de forma indirecta debido a las enfermedades transmitidas por insectos, agua,

**Cuadro 22.** Concentraciones generadas en ladrilleras de acuerdo al combustible empleado (ppm).

Combustible contaminante	Aserrín limpio	Aserrín contaminado	Aceite automotriz usado	Propano con quemador antiguo	Propano con quemador nuevo
Monóxido de carbono (CO)	649-1915	2671-2926	329-1987	1853-4683	255-331
Dióxido de carbono (%) (CO <sub>2</sub> )	4.3-5.3	4.9-13.3	3.7-11.1	6.9-9.5	6.9-7.6
Monóxido de nitrógeno (NO)	12-16	36-80	12-29	40-103	19-22
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	0	0	0	0	0
Dióxido de azufre (SO)	1-11	18-26	2-54	3-60	0-9
Arsénico (As)	0	0	436	0	0
Bario (Ba)	10	12	0	0	0
Cadmio (Cd)	0	0	54	0	0
Cobre (Cu)	5	2	25	0	0
Hierro (Fe)	210	300			
Manganeso (Mg)	0	0	1114	0	0
Selenio (Se)	0	0	5	0	0
Estroncio (Sr)	7	7	0	0	0
Mercurio (Hg)	0	0.1	1	0	0
Zinc (Zn)	11	13	0	0	0

Fuente: Pedroza, 2004.

esporas, cuya abundancia y distribución se ven favorecidos por las alteraciones en los patrones climáticos.

Los óxidos nitrosos ( $\text{NO}_x$ ), especialmente  $\text{NO}_2$  y  $\text{NO}_3$ , son gases muy reactivos que contienen nitrógeno y oxígeno en proporciones variables; se originan por la combustión de hidrocarburos, incineración de residuos y procesos industriales. Los óxidos nitrosos afectan la salud humana con la formación de niebla tóxica o smog. Éste aparece cuando los  $\text{NO}_x$  reaccionan con diversos compuestos orgánicos volátiles en presencia de calor, humedad ambiental y luz solar. Este gas daña el sistema respiratorio ocasionando lesiones en las mucosas, causando bronquitis y bronconeumonías, agravamiento de alergias respiratorias, empeoramiento de enfermedades respiratorias crónicas, reducción de la función pulmonar, disfunción y disminución de la capacidad del sistema inmunológico.

Los óxidos de azufre ( $\text{SO}_x$ ) se transforman en *ácidos* sulfhídrico y sulfuroso, precipitándose como lluvia ácida generando irritaciones e infecciones de las vías respiratorias como sinusitis, rinitis, faringitis, traqueitis, bronquitis, conjuntivitis, reducción de la capacidad y función pulmonar, incremento de crisis asmáticas, alergias respiratorias, entre otras.

Otro de los combustibles utilizado en los hornos ladrilleros y las fábricas de cemento son los neumáticos (llantas) fuera de uso (NFU), los cuales poseen un poder calórico de 37 megajoules/kilogramo (MJ/kg), y entre las partículas emitidas por la combustión de estos materiales se encuentran el monóxido de carbono, el óxido de zinc, el óxido de plomo, el benceno y el tolueno, entre otros.

Los NFU son utilizados en algunos hornos ladrilleros y en la industria cementera, papelera y centrales termoeléctricas convencionales de distintos países.

En España, por ejemplo, se generan 7 kg de NFU por persona al año, esto significa más de 300 mil toneladas de NFU al año, de las cuales aproximadamente el 80 % se destinan al vertido en sitios de disposición final, se recicla el 1.5 %, se

incinera el 7 % en cementeras autorizadas y se envía el resto a otros países.

En México, de acuerdo con la SEMARNAT, se generan aproximadamente 25 millones de neumáticos residuales, esta cantidad equivale a 250 mil toneladas anuales, lo que significa que cada mexicano en promedio genera 2.3 kg/año, mientras que en Estados Unidos de Norteamérica la generación per cápita es de 9.4 kg/año.

Al igual que los otros combustibles utilizados en los hornos ladrilleros, el uso de neumáticos emite también a la atmósfera CO, CO<sub>2</sub>, óxidos nitrosos (NO<sub>x</sub>), especialmente NO<sub>2</sub>, óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>), compuestos orgánicos volátiles (COV), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), dioxinas, furanos, cloruro de hidrógeno, benceno, bifenilos policlorados (BPC) y metales pesados (arsénico, cadmio, cromo, mercurio, níquel, zinc, vanadio, etc.).

La exposición de las personas a este tipo de emisiones les genera impactos significativamente dañinos a su salud, tanto agudos (de corta duración) como crónicos (de larga duración). Estos efectos pueden incluir irritación de la piel, ojos, y membranas mucosas, depresión del sistema nervioso central, efectos respiratorios, cáncer y daños reproductivos.

Los daños genéticos pueden ser defectos al nacer, abortos espontáneos, cáncer, causando un incremento en la incidencia de enfermedades genéticas en las generaciones futuras y contribuye a enfermedades somáticas de células.

Los efectos dañinos a la salud humana y de los ecosistemas también se producen en sistemas artesanales de combustión, debido a que se trata de emisiones no controladas y con exposición continua. Los neumáticos se usan en estos sistemas porque resultan un energético atractivo debido a su bajo costo y alto poder calorífico.

Diversos estudios reconocen que cuando la concentración de partículas menores a 10 micras (PM<sub>10</sub>) supera los 40 µg/m<sup>3</sup>, se ejercen efectos negativos significativos en cuan-

to a morbimortalidad, incrementa la posibilidad de padecer cáncer, enfermedad cardíaca, cambios en el ADN que afectan el sistema inmune y causan muerte prematura; un incremento de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en las partículas  $\text{PM}_{10}$ , aumenta en un 3 % la mortalidad diaria, 10 a 25 % la bronquitis y tos crónicas. Por cada  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de partículas atmosféricas en el aire la mortalidad total se incrementa en un 6 %, el riesgo de muerte por enfisema en un 32 %, el riesgo de muerte por bronquitis y asma en 19 %, la probabilidad de muerte por neumonía en 12 % y el riesgo de muerte por enfermedad cardiovascular en 9 %.

Además de las partículas suspendidas en sus diversos tamaños y de los metales pesados presentes en la combustión de materiales residuales, éstos generan emisiones de dioxinas y furanos en diversas magnitudes (Cuadro 23), los cuales, como se menciona más adelante, son extremadamente tóxicos para la salud humana y los ecosistemas.

Por otra parte, uno más de los combustibles utilizados es la madera, un kilogramo de madera tratada con preservantes (pentaclorofenol), selladores, barnices o pinturas genera hasta  $160 \mu\text{g}$  de dioxinas totales.

En México, los principales consumidores de madera impregnada con preservantes como el pentaclorofenol son las empresas ferrocarrileras por sus requerimientos de durmientes y pisos de vagones de carga; Teléfonos de México y la Comisión Federal de Electricidad por su necesidad de postes; la agroindustria con el uso de tutores, soportes de cultivos y postes para cercas; los fabricantes de pisos, muros, techos, casas de madera, así como Petróleos Mexicanos.

Wundeli y colaboradores (2000) encontraron un promedio de 4.9 picogramos (pg, la billonésima parte de un gramo) de dioxinas y furanos en cenizas de madera natural, mientras que, en cenizas derivadas de madera tratada con pinturas, polímeros y pentaclorofenol, encontraron un promedio de 2800 pg.

Nakao y colaboradores, 2002, observaron en cenizas de madera residual de edificios 541 pg de dioxinas, 442 pg en

**Cuadro 23.** Inventario de emisiones de dioxinas y furanos. Gramos por tonelada equivalente (g TEQ).

Fuente	g TEQ
Quema de residuos agrícolas	221.8
Incendio de basureros	115.5
Quema de basura doméstica	103.8
Plantas de cemento	7.7
Incineración de residuos hospitalarios peligrosos	5.27
Plantas de PVC	2.42
Incendios forestales	1.85
Incineración de residuos industriales peligrosos	0.84
Hornos de arco eléctrico	0.8
Plantas de celulosa y papel	0.77
Ladrilleras artesanales	0.46
Combustión de biogás	0.09
Neumáticos fuera de uso (llantas)	0.05
Total	461.36

madera de casas quemadas, 859 pg en madera de una fábrica de zapatos, 22 800 pg en madera de una fábrica de componentes electrónicos, y 5.3 pg de dioxinas en cenizas de madera natural (Sánchez, 2011).

### 3.5 CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR COMPUESTOS ORGÁNICOS PERSISTENTES

Las dioxinas y furanos, tienen en su estructura la presencia de benceno y cloro. Esta familia de sustancias químicas, es-

pecialmente 17 de las más tóxicas, han sido clasificadas por el Convenio de Estocolmo como de alta peligrosidad, por lo que se recomienda buscar una “minimización continua y, en los casos en que sea viable, eliminación definitiva”.

Dioxina es un concepto genérico que se usa para referirse a 75 congéneres de las policlorodibenzodioxinas (PCDD por su siglas en inglés) y 135 congéneres de los policlorodibenzofuranos (PCDF por su siglas en inglés), compuestos altamente tóxicos generados en las altas temperaturas de los procesos de combustión.

Las dioxinas y los furanos poseen distintos grados de cloración, propiedad que los hace tener afinidad por la materia orgánica, suelos, sedimentos, grasas y aceites; característica que los define como bioacumulables y les permite escalar fácilmente los diferentes niveles de la cadena trófica hasta llegar al ser humano.

Las dioxinas, los furanos y los bifenilos policlorados son un conjunto de sustancias organocloradas, lipofílicas, bioacumulativas y persistentes en el ambiente. En los humanos, las dioxinas se metabolizan y se eliminan lentamente, poseen una actividad y una estructura química similar con mecanismos de actuación y efectos en la salud muy parecidos.

Estas sustancias se encuentran en el suelo, en los sedimentos y en el aire. Están consideradas por la Agencia Internacional de Investigación para el Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés) como carcinógenas para los humanos. La OMS recomendó, en 1998, que la ingestión de dioxinas en humanos adultos no debería sobrepasar los límites de 1 a 4 picogramos por kilogramo de peso al día (pg/kg peso/día), añadiendo que deberían realizarse todos los esfuerzos necesarios para conseguir un límite por debajo de 1 pg/kg.

Actualmente las principales fuentes de exposición humana a las dioxinas son las incineradoras de residuos y las industrias de reciclaje de metal. Otras fuentes son las emisiones de las papeleras industriales, el uso de clorofenoles y de herbicidas contaminados por dioxinas, por ejemplo, el agente naranja.

La exposición humana a las dioxinas también puede ser a través de la ingesta de lácteos, pescado y carne, es decir, en todo tipo de alimentos que contengan altas proporciones de lípidos.

La presencia natural de dioxinas y furanos es casi inexistente; éstos tienen un origen fundamentalmente antrópico. Las principales fuentes de generación de las dioxinas y los furanos son los procesos de combustión industriales (incineración de sólidos urbanos, industriales, hospitalarios y centrales termoeléctricas), y la combustión o quema de desechos. A pequeña escala estas sustancias se generan en los motores de combustión, quema de madera tratada y de combustibles fósiles, sistemas de calefacción domésticos y combustión de cigarrillos.

La contaminación de tierras agrícolas por dioxinas se da desde comienzos de la industria del cloro, y su producción se ha triplicado desde 1846 hasta 1986 (Cuadro 24).

**Cuadro 24.** Incremento histórico en la concentración de dioxinas en suelos agrícolas.

Año	Concentración de dioxinas (pg/g)
1846	29
1856	31
1893	31
1914	42
1944	62
1956	74
1966	89
1980	81
1986	95

Fuente: Kjeller *et al.*, 1991, Allsop, 1994.



Diversas investigaciones señalan que todas las incineradoras emiten dioxinas. En 1987 se incineraron en los EUA 2.5 millones de toneladas de residuos tóxicos y peligrosos. Las pruebas de combustión realizadas en 1993 en la incineradora de residuos tóxicos y peligrosos de Ohio (Waste Technologies Industries), revelaron una emisión media de 1.2 g TEQ/año o 13.6 µg/tonelada de residuos quemados.

Según la Agencia de Medio Ambiente de Alemania (UBA, por sus siglas en alemán), las incineradoras de residuos sólidos urbanos de hace 10 años emitían de 20 a 50 ng TEQ/m<sup>3</sup> (nanogramos por tonelada equivalente por metro cúbico); las actuales emiten aproximadamente 8 ng TEQ/m<sup>3</sup> y las de última tecnología alrededor de 1 ng TEQ/m<sup>3</sup>.

Las incineradoras de residuos hospitalarios emiten en Alemania entre 15 y 18 ng TEQ/m<sup>3</sup>. En los Estados Unidos se han detectado niveles de 50 ng TEQ/m<sup>3</sup> en los gases emitidos por incineradoras de residuos hospitalarios. La incineración de lodos de depuradoras de aguas residuales emite dioxinas al estar contaminados con compuestos organohalogenados procedentes de diferentes fuentes. La conexión de las industrias a la red de saneamiento puede introducir diversos contaminantes en el sistema de alcantarillado. Los compuestos organoclorados como los bencenos clorados pueden proceder de fuentes industriales y urbanas.

Las cementeras se han utilizado para incinerar residuos tóxicos pero esta tecnología ocasiona muchos problemas, principalmente por la falta de control de emisiones. Pocas cementeras poseen los mecanismos de descontaminación requeridos por las incineradoras de residuos tóxicos. El manejo de residuos tóxicos por trabajadores inexpertos puede también ocasionar un riesgo para el ambiente y la salud pública. Niveles elevados de cloro en los residuos pueden originar la formación de anillos halógenos alcalinos que producen obstrucción y mal funcionamiento de los controles de emisión, e incluso bajo condiciones ideales, se detectaron emisiones de organoclorados. La razón principal para utilizar las cementeras como incineradoras es económica, y la exigencia de los controles de emisiones podría probablemente impedir su utilización para estos fines.

La OMS ha recomendado un límite de 0.1 ng TEQ/Nm<sup>3</sup> para todas las incineradoras, especialmente para evitar la contaminación ambiental por cenizas. El borrador de la propuesta de la directiva de la Unión Europea sobre incineración de residuos tóxicos propuso un valor guía de 0.1 ng/Nm<sup>3</sup> hasta el 1 de enero de 1997, fecha a partir de la cual se convirtió en valor límite.

Otro grupo de sustancias altamente tóxicas son los BPC, los cuales debido a sus propiedades dieléctricas, térmicas y lubricantes se emplean en diferentes sectores de la industria; las aplicaciones más comunes son: capacitores (incluyendo balastos para lámparas fluorescentes), transformadores en aceite, plastificantes en resinas dieléctricas y en hules, papel copia sin carbón, fluidos hidráulicos, aceites lubricantes y de corte, líquidos para transferencia de calor, pigmentos para pinturas, selladores, adhesivos, tintas de impresión, ceras para pisos y agentes desengrasantes.

Los nombres de mezclas comerciales de BPC anotados en la NOM-133-Semarnat-2000 son: Aceclor, Apirolo, Aroclor, Asbestol, Askarel, Bakola 131, Clophen, Clorphen, Chloretol, Clorinol, Delor, Diaclor, Dk, Dp, Dykanol o dycanol, Eec-118, Electrophenil, Elemex, Eucarel, Fenclor, Hyvol, Inclor, Inerteen, Kanechlor, Kennechlor, Mcs-1489, Montar, Nepolin, No flamol, Pcb o Pcb's, Phenoclor, Pydraul, Piroclor, Safft-kuhl, Santotherm, Sat-t-america, Sovol, Sovtol, Soviol, Sorol, Therminol, Pyranol y Pyralene.

Los BPC pueden ingresar a los organismos por medio de la inhalación, ingestión y absorción cutánea, son bioacumulables, no biodegradables y casi indestructibles, su efecto sobre el tejido dérmico, el hígado y otros órganos internos, provoca efectos neuromusculares, metabólicos, daña el sistema inmunológico, la reproducción, causa anormalidades fetales, cáncer y problemas citogenéticos.

Cuando los BPC se exponen altas temperaturas (incineración, explosiones, fuegos, etc.) se oxidan parcialmente y generan policlorodibenzodioxinas y policlorodibenzofuranos. El 2,3,7,8-tetracloro-dibenzo-p-dioxina es una sustancia altamente tóxica, la cual sólo es sobrepasada por las toxinas botulínicas, tetánicas y diftéricas.

Los signos y síntomas de exposición a los BPC son:

- Bajo peso al nacimiento.
- Retraso motor durante los primeros años de vida.
- Déficits visuales y de memoria.
- Retraso cognitivo en pre y adolescencia.
- Alteraciones de la conducta.
- Desarrollo anormal del cabello, uñas y dientes.
- Pigmentación y mayor riesgo de bronquitis.
- Cloracné, queratosis, hiperpigmentación, neuropatías periféricas, gastritis, hepatitis tóxica.

Los BPC y las dioxinas, se generan por el uso de los diferentes combustibles utilizados por parte de los productores artesanales de ladrillos en la región queretana, como por ejemplo, aceites residuales, neumáticos y otros polímeros como son el polietileno tereftalato (PET), el policloruro de vinilo (PVC), el polietileno de alta densidad (PEAD), el polietileno de baja densidad (PEBD), el combustóleo y la mezcla de este con aceites automotrices residuales, maderas, etc.

La exposición humana a BPC es a través de: inhalación de aire, absorción cutánea y por ingesta. Esta última opción es la principal vía por la que ingresan en el cuerpo humano. Los BPC son emitidos al aire ambiente desde las fuentes de producción. Estos compuestos desencadenan su acción tóxica cuando interactúan con un receptor celular llamado AhR (receptor de hidrocarburos aromáticos).

El complejo PCB/F-AhR atraviesa el núcleo de la célula, se une a otro receptor e induce un cambio en la expresión genética de determinados genes del ADN, promoviendo o inhibiendo su expresión y por consiguiente una inhibición o inducción de la actividad enzimática. Por ejemplo; la IARC clasificó a la 2,3,7,8-TCDD como un carcinógeno del tipo 1,

lo cual significa que es carcinogénico para los humanos. En experimentos con ratas se ha encontrado que los BPC inducen a modificar el comportamiento y la coordinación en el cuerpo (Pradyot, 2007).

### **3.6 CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR COMPUESTOS ORGÁNICOS PERSISTENTES EN TEQUISQUIAPAN Y SAN JUAN DEL RÍO**

Los principales factores de contaminación atmosférica en el municipio de Tequisquiapan son:

- Las fuentes móviles: automóviles particulares y del servicio público, autobuses de pasajeros y camiones de carga.
- Las fuentes fijas: hornos ladrilleros, talleres electromecánicos, asaderos y roscicerías rústicas, empresas del corredor industrial San Juan del Río a Tequisquiapan, entre otros.
- Los factores biogénicos son los polvos urbanos, sobre todo en las áreas no pavimentadas. En éstas los polvos se dispersan y sedimentan de forma recurrente, contribuyendo a la proporción de partículas suspendidas totales y compuestos tóxicos peligrosos que allí se almacenan.

En un estudio realizado por Díaz-Barriga y colaboradores (2004), en donde se considera a la ciudad de Querétaro, como una comunidad urbana y al municipio de San Nicolás por la presencia del corredor de ladrilleras cercanas a San Juan del Río, Querétaro, con antecedentes de la quema de desechos de aceites y equipos eléctricos que contienen BPC. Los BPC han estado presentes en muchos otros productos, como por ejemplo: barnices, parafinas, resinas sintéticas, fluidos para intercambiadores de calor, fluidos hidráulicos, pinturas, recubrimientos, etc.

El análisis de 48 muestras de suelo urbano de San Nicolás mostró que la concentración de BPC se encontraba en un valor mínimo 0.15 mg/kg y un valor máximo de 1517.35 mg/kg, mientras que la NOM-133-SEMARNAT-2001, señala que el límite máximo permisible de emisión a la atmosfera es de 0.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (microgramos por metro cúbico) y en suelo residencial 5 mg/kg (miligramos por kilogramo).

Presentando casos específicos en poblaciones vulnerables de niños de edad entre 6 y 9 años en muestras de orina. Marcando a los BPC como sustancias altamente peligrosas, posibles cancerígenos, mostrando que pueden causar insuficiencia renal y problemas en otros órganos humanos. Concluyendo que su eliminación es muy difícil (Sánchez y Zapata, 2013).



*Figura 27.* Productor de ladrillos junto a su horno en San Nicolás, Tequisquiapan.

Por ser los COP sustancias altamente persistentes en el ambiente, tóxicas y bioacumulativas, en el 2004 entró en vigencia el Convenio de Estocolmo, por el cual distintos países del mundo, entre los cuales se encuentra México, se comprometieron a disminuir y en un futuro a eliminar su producción y uso. Además, México cuenta con Normas Oficiales

Mexicanas (NOM), que consideran a los BPC y las dioxinas y furanos (NOM-133-SEMARNAT-2001, Protección ambiental-Bifenilos Policlorados (BPCs)-Especificaciones de manejo).

México cuenta con seis Normas Oficiales Mexicanas (NOM) relacionadas a la calidad del aire, las cuales indican los valores máximos permisibles de diferentes contaminantes que representan un efecto a la salud humana por exposición laboral y doméstica. Un ejemplo, de ello se enlista en el Cuadro 25.

**Cuadro 25.** Normas Oficiales Mexicanas (NOM) de calidad del aire.

Contaminante	Norma Oficial Mexicana	Valores límite	
		Exposición aguda	Exposición crónica
Ozono (O <sub>3</sub> )	NOM-020-SSA1-1993	0.11 ppm (1 hr)	ND
Monóxido de carbono (CO)	NOM-021-SSA1-1993	11 ppm (8 hr)	ND
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	NOM-022-SSA1-1993	0.13 ppm (24 hr)	0.03 ppm (promedio anual)
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	NOM-023-SSA1-1993	0.21 ppm (1 hr)	ND
Partículas Suspendidas Totales (PST)	NOM-025-SSA1-1993	210 µg/m <sup>3</sup> (24 hr)	75 µg/m <sup>3</sup> (promedio anual)
Partículas fracción respirable (PM <sub>10</sub> )	NOM-025-SSA1-1993	120 µg/m <sup>3</sup> (24 hr)	50 µg/m <sup>3</sup> (promedio anual)
Partículas fracción respirable (PM <sub>2.5</sub> )	NOM-025-SSA1-1993	65 µg/m <sup>3</sup> (24 hr)	15 µg/m <sup>3</sup> (promedio anual)
Plomo (Pb)	NOM-026-SSA1-1993	ND	1.5 µg/m <sup>3</sup> (promedio en tres meses)

ND: No Determinado. Fuente: Barajas, 2007.

# Capítulo 4

## 4. EL ORIGEN DEL DESASTRE, ASUMIENDO RESPONSABILIDADES

En 1929 la empresa norteamericana Swan Chemical Company desarrolló los BPC. En ese momento histórico, dicha sustancia fue reconocida por su alta estabilidad química y su inflamabilidad, lo que rápidamente amplió su uso en la industria de equipos eléctricos como refrigerantes incombustibles de una nueva generación de transformadores. Esta empresa fue adquirida posteriormente por el consorcio Monsanto quien empezó a producir lubricantes, líquidos hidráulicos, aceites lubricantes de herramientas, revestimientos impermeables y selladores líquidos.

Las investigaciones de la década de 1960-1970 demostraron que los BCP eran potentes agentes cancerígenos y causantes de trastornos reproductivos. En 1976 se prohibió la producción de BPC en Estados Unidos, pero el problema sigue vigente hasta nuestra época. En 1982 la ciudad de Times Beach, Missouri, fue evacuada por orden del gobierno debido a que estaba contaminada con dioxinas.

La historia de la producción antrópica de las dioxinas se inicia en 1940, cuando la Imperial Chemical Industries (ICI) descubrió el uso de hormonas vegetales sintéticas para regular el crecimiento de las plantas. En un primer momento fabricaron la denominada ácido metil-cloro-fenoxi-acético (MCPA). Durante la Segunda Guerra Mundial, los ingleses pensaron rociar esta sustancia en los campos alemanes de papa y remolacha azucarera. Posteriormente, los norteamericanos descubrieron que sustituyendo el metil (M) por una molécula de cloro, obtenían el ácido di-cloro-fenoxi-acético ó 2,4-D y, al incorporar otra molécula de cloro, obtenían otro producto más potente de uso militar: el ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético- ó 2,4,5-T que mataba a los árboles de gran porte en pocos días.

La fórmula ampliada de estas sustancias permite observar que los átomos de cloro están colocados sobre las posiciones 2 y 4, por lo que su nombre completo pasó a ser 2,4



diclorofenoxiacético (figura 28), luego reducido al conocido 2,4-D, que se volvió un secreto militar tan resguardado como el Proyecto Manhattan que desarrolló la bomba atómica. En el segundo, los átomos de cloro están en las posiciones 2, 4 y 5 del anillo aromático mejor conocido como el 2,4,5-T (ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético).

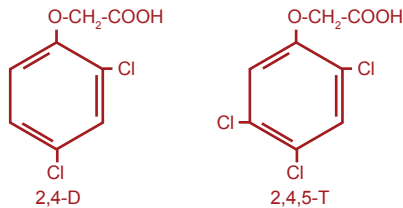


Figura 28. Ácido 2,4 diclorofenoxiacético (2,4-D) y ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético (2,4,5-T)

En 1945, el ejército de los Estados Unidos envió buques cargados de 2,4-D y 2,4,5-T a las Islas Marianas en el Pacífico con la intención de rociarlos en los campos de arroz de Japón, sin embargo no fue necesario su uso debido a la rendición del país oriental poco después del impacto de las bombas atómicas. Al finalizar la Segunda Guerra Mundial, la empresa Dow inició la comercialización del 2,4-D como herbicida para jardines y campos de golf. El 1962, Rachel Carson en su famoso libro “La primavera silenciosa” denunció los daños causados por los herbicidas 2,4-D y 2,4,5-T en la salud humana y en los ecosistemas. Por su libro, Rachel Carson fue acosada por las empresas productoras de dichos plaguicidas.

Durante los años de 1962 a 1972 las compañías Monsanto, Dow Chemicals, Diamond Shamrock, Uniroyal y Hércules fueron los abastecedores fundamentales de los 240 millones de litros de herbicidas con que se rociaron grandes extensiones del territorio de Vietnam, durante la guerra dirigida por los Estados Unidos de Norteamérica contra ese país.

Particularmente, del denominado “agente naranja” se aplicaron 44 millones de litros durante nueve años sobre 2.5 millones de hectáreas de campos de cultivo y selvas de Vietnam. El “agente naranja” es una mezcla de 2,4-D (ácido 2,4-diclorodifenoxiacético) y el 2,4,5-T (ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético). La 2,3,7,8-TCDD (2,3,7,8-tetraclorodibenzo-para-dioxina) es un subproducto de la fabricación del 2,4,5-T. Para uso comercial este herbicida presenta concentraciones de 0.05 ppm de TCDD, pero el agente naranja presentaba una concentración intencional de 50 ppm, esto representaba una toxicidad 100 veces superior que el producto comercial. Para su venta estos herbicidas fueron clasificados y empaquetados diferencialmente sin control alguno (Cuadro 26).

**Cuadro 26.** Nombres comunes y usos de herbicidas.

Producto	Mezcla	Dstrucción de
Agente blanco	2,4-D y Picloram	Arrozales
Agente púrpura	Picloram	Serranías
Agente azul	Picloram y 2,4,5-T	Bosques de montaña
Agente verde	2,4,5-T en gasolina	Manglares
Agente naranja	2,4-D y 2,4,5-T	Bosques pluviales

En el libro *La Ruta de Truong Son*, escrito por el general Dong Si Nguyen (2007), se describe como los soldados vietnamitas vivieron el crimen químico desatado por los norteamericanos contra la población y sus recursos naturales:

*Una mañana, después de que los aviones norteamericanos sobrevolaran como era habitual, vimos en el cielo una niebla de polvo. Las nubes de polvo de color blanco bajaron, cubriendo los árboles de la selva, la tierra y se disolvieron en los arroyos y ríos. El ejército norteamericano había lanzado lo que posteriormente se conoció como ‘agente naranja’.*

El objetivo de estas acciones era acabar con la producción agrícola de ese país y abrir grandes pasillos en la selva para evitar que se escondieran los combatientes vietnamitas y facilitar la entrada de las tropas norteamericanas.

A causa de ese envenenamiento intencional millones de vietnamitas así como miles de pilotos, soldados y marinos de las tropas estadounidenses que entraron en contacto con la mezcla de herbicidas sufrieron sus consecuencias. Diversos tipos de cáncer, entre ellos leucemia y linfoma no-Hodgkin, así como malformaciones, problemas severos de la piel -como cloracné- desórdenes metabólicos y cardiovasculares han sido atribuidos a la exposición por dioxinas. Más de 500 mil niños nacidos en Vietnam desde la década de 1960 presentaron malformaciones.

El máximo tribunal de los Estados Unidos condenó a las empresas que producían estos herbicidas para las fuerzas armadas, pues muchos soldados que habían pasado por Vietnam morían de cáncer, al tiempo que sus hijos y nietos nacieron, aun 40 años después del fin de la guerra, con enfermedades cancerígenas y malformaciones producidas por la contaminación por este tipo de herbicidas.

Todavía hoy, los índices de cáncer en Vietnam no tienen relación alguna con los de otras regiones del planeta, y seguirán siendo absurdamente elevados durante algunas décadas más. Los efectos ambientales del agente naranja sobre los ecosistemas de Vietnam incluyeron reducción significativa de plantas y animales, pérdidas de sustancias nutritivas minerales del suelo, erosión acelerada y caída de la producción. Las pérdidas de madera para la construcción fueron evaluadas en 47 millones de metros cúbicos.

Las dioxinas, los furanos y los bifenilos policlorados son un conjunto de sustancias químicas del grupo de los organoclorados, por sus características químicas tienen una amplia capacidad de asociarse al tejido adiposo (lipofílicas), se acumulan a lo largo de la cadena trófica (vegetales, herbívoros, carnívoros) por eso se dice que son bioacumulativas y muy persistentes en el ambiente.

Las policlorodibenzo-p-dioxinas (PCDDs) y los policlorodibenzofuranos (PCDFs), denominados comúnmente dioxinas y furanos, tienen en su estructura la presencia de benceno y cloro. Dioxina es un concepto que se usa para referirse a 75 congéneres de Policlorodibenzo-p-dioxina (PCDD) y 135 congéneres de policlorodibenzofuranos (PCDF),

La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomendó, en 1998, que la ingestión de dioxinas en humanos adultos no debería sobrepasar los límites de 1 a 4 picogramos por kilogramo de peso al día (pg/kg peso/día), añadiendo que deberían realizarse todos los esfuerzos necesarios para conseguir un límite por debajo de 1 pg/kg (un miligramo contiene mil millones de picogramos).

Tras la derrota de Estados Unidos de Norteamérica y el fin de la guerra contra Vietnam en 1973, sobraron 30 millones de litros de estos productos, que fueron vendidos a Brasil, Bolivia, Colombia y Venezuela para su distribución comercial entre los ganaderos, quienes, a su vez, los utilizaron en la deforestación. El empleo de estas sustancias en la Amazonia trajo un problema mayor, ya que sobre la selva desecada se provocaban enormes “quemadas”, generando la formación de grandes cantidades de dioxinas y furanos.

Las fábricas de 2,4-D fueron transferidas de Estados Unidos y Europa hacia los países en desarrollo. En la actualidad, los grandes fabricantes se encuentran en China, Taiwán, México, Brasil, Argentina e Indonesia, donde la calidad de estos productos es inferior a los similares que antes se fabricaban en el norte. En México se producen y utilizan ampliamente, algunas marcas y empresas son: “Fito-amina 40” de la marca Dragón (Agricultura Nacional, S.A. de C.V.), “Amina 4 Diablo” (A.M. Roma y Cía, S.A. de C.V.), “herbicida faena” (Agroquímicos Puebla Urbania), “2,4-D” (Bravo), entre muchas otras.

Los efectos residuales de la guerra de Vietnam se pueden observar en la producción de agroquímicos altamente contaminantes y en la formación académica, donde el modelo hegemónico capitalista industrial, comercial y financiero, fusionado a las estructuras del estado y a los sistemas

de información, adiestran a técnicos y científicos para que consideren fundamental la producción y uso de plaguicidas como parte de un paquete tecnológico esencial: agroquímicos, maquinaria, organismos transgénicos; todos éstos originados por las mismas empresas norteamericanas y europeas que hoy contaminan todo el planeta.

## 4.1 LA SOCIEDAD CIVIL

Generalmente la actitud contestataria de la sociedad civil basada en un estado de desorganización y de información insuficiente, genera argumentos donde se responsabiliza fundamentalmente a los tres niveles de gobierno y a los industriales por la situación de degradación ambiental y social imperantes en el país.

Es necesario reconocer que los gobiernos municipales, estatales y el federal son elegidos por la sociedad civil. Si existen fraudes y otros males es porque la sociedad civil se encuentra desorganizada y mal informada, lo que da como resultado un bajo grado de participación social, esto impide una decisión consciente sobre la orientación del sufragio. Peor aún, porque después de emitir el voto, jamás se exige rendición de cuentas, no se vota por un programa de gobierno, a lo sumo por un color, un rostro o a cambio de una prebenda real o imaginaria.

Por otra parte se acusa a los industriales de ser los causantes de diversos desastres ambientales, sin tomar en cuenta que es la sociedad civil quien consume los diversos productos que éstos generan sean necesarios o innecesarios.

A lo largo de este libro se ha indicado que la responsabilidad de la degradación ambiental y social es compartida entre todos los actores sociales: gobierno, industriales, comerciantes, pequeños productores y consumidores.

De esta forma, a nivel de sociedad civil, en el municipio de Tequisquiapan existe un parque vehicular particular de aproximadamente 10500 unidades y 250 motocicletas, en San Juan del Río circulan 22 334 vehículos particulares y

549 motocicletas. Aproximadamente cada cinco años se cambian los neumáticos de un automóvil, de esta forma el uso de 32 884 vehículos particulares de Tequisquiapan y San Juan del Río, generan 22 275 neumáticos residuales anualmente.

Otro de los residuos utilizados como combustible en los hornos ladrilleros es el aceite automotriz residual: en cada vehículo particular se realiza el cambio de aceite de cinco litros cada 10 mil kilómetros o 6 meses de uso, de esta forma se generan en estos municipios 328 840 litros de aceite residual anuales.

La actitud del ciudadano común es que al adquirir los neumáticos o el aceite automotriz nuevos, se desentiende de los residuos, y éstos, finalmente, se convierten en un combustible disponible y prácticamente gratuito para usarlos en los hornos ladrilleros.

De la misma forma la población del municipio de Tequisquiapan que asciende a casi 55 000 habitantes y la de San Juan del Río a casi 121 000 habitantes, generan en promedio 171 000 envases de polietileno tereftalato (PET) cada día, al consumir agua embotellada, refrescos u otros productos; además de los envases de jabón, suavizantes, limpiadores, aceites, entre otros. Aproximadamente entre los dos municipios se generan 9.5 toneladas de polímeros residuales al día, esto significa 3467 toneladas al año. Una porción de estos materiales residuales son recuperados para su reciclado y otra se somete a combustión en algunos hornos ladrilleros.

Por lo anterior, es necesario impulsar la organización de la sociedad civil para que de manera informada participe en la reducción de la generación de residuos y en su aprovechamiento mediante emprendimientos familiares o comunitarios. Por ejemplo, la fabricación de tapetes antigolpe o suelas de huaraches y zapatos con los neumáticos residuales, la transformación de polímeros en juguetes u otros utensilios necesarios en la vida cotidiana y que el cambio del aceite residual se realice en talleres certificados y que garanticen una disposición adecuada del mismo o su aprovechamiento sustentable.

Los requerimientos de tapetes antigolpe fabricados con neumáticos residuales, se requieren en gimnasios, clínicas de rehabilitación, escuelas de artes marciales, guarderías, pistas de atletismo, parques infantiles, entre otras instalaciones. Para su fabricación ya existen maquinarias y equipos de bajo costo que pueden instalarse en pequeños emprendimientos.

El acopio, clasificación y transformación de polímeros residuales como el PET, PEAD y PEBD, en materia prima para la industria y talleres de elaboración de juguetes, cubetas y macetas, es otra área de oportunidad para reducir la disponibilidad de estos residuos como combustibles baratos.

El aceite automotriz residual presenta un grado elevado de dificultad para su aprovechamiento por parte de la sociedad civil, pero pueden emplearse empresas certificadas para el cambio del mismo, sin que esto signifique un costo significativamente superior (Cuadro 27).

**Cuadro 27.** Residuos generados por la sociedad civil de Tequisquiapan y San Juan del Río, usados como combustibles en hornos ladrilleros.

Tipo de residuo	Generación anual en dos municipios
Neumáticos	22 275 piezas
Aceite automotriz residual	328 840 litros
Polímeros	3467 toneladas

Fuente: Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana de Querétaro-San Juan del Río 2014-2023, 2014.

La aplicación de estas sencillas medidas contribuiría a reducir las emisiones atmosféricas derivadas de hornos ladrilleros, en aproximadamente 30 %. Algunas de las opciones tecnológicas y políticas de las instituciones gubernamentales en México para reducir las emisiones a la atmósfera derivadas de los hornos artesanales de ladrillos han sido:

- Sustitución y regulación de combustibles por aquellos que no generen estos contaminantes.
- Diseño de hornos eficientes.

Ambas propuestas se han desarrollado desde una perspectiva de diseño y transferencia de tecnología jerárquica y centralizada; poco se ha hecho sobre la generación de opciones desde la opinión de los productores, basadas en su propio conocimiento, experiencia, expectativa y deseo.

Estas iniciativas no han logrado una aplicación significativa porque no consideran los problemas socioeconómicos como el control caciquil que monopoliza la comercialización de insumos y del producto terminado, situación que empobrece a los productores y los obliga al uso de materiales residuales como combustibles baratos.

Por otra parte existen emprendimientos como el denominado horno solar de ladrillos, que se encuentra en desarrollo en el Centro de Investigación en Ciencias Aplicadas y Tecnología Avanzada (CICATA-IPN), tecnología a través de la cual se propone reducir a cero las emisiones de cualquier tipo de contaminante de efecto invernadero o persistente.



# Capítulo 5

## 5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La producción artesanal de ladrillos, como se realiza actualmente, genera impactos severos en la salud humana y en las diferentes matrices ambientales (aire-agua-suelo). Este proceso productivo presenta diversas problemáticas, entre las cuales destacan los siguientes aspectos:

- Organización social para la producción.
- Procesos y condiciones de producción.
- Efectos sobre las condiciones ambientales.
- Las características actuales y potenciales de combustibles.
- La tecnología empleada y sus niveles de eficiencia.
- La variabilidad en las características físicas y mecánicas de los ladrillos.
- Los procesos de oferta y demanda de ladrillos.
- Aspectos económicos, fiscales y de normatividad ambiental.

En las microempresas ladrilleras se dan diversas relaciones de producción, de esta forma existen variadas jerarquías e interacciones de poder, como son:

- El horno pertenece al propietario y éste lo trabaja con la ayuda de sus familiares directos.
- Varios hornos son de un mismo propietario y éste los entrega a medias o en renta.
- Un propietario posee hornos y en ellos emplea mano de obra asalariada.

- Un intermediario concentra el monopolio de venta de combustibles y otros materiales, así como la compra de los productos terminados.
- Por otra parte están las estructuras socioeconómicas donde se conforman relaciones jerárquicas, clásicas de la época de las haciendas, donde aquel que detenta el poder político y económico hace favores, monopoliza, controla y reprime cuando considera que sus intereses se ven afectados.

Es necesario realizar estudios de naturaleza social con la participación de sociólogos, antropólogos, psicólogos y trabajadores sociales que permitan indagar de manera detallada las relaciones sociales y las características de la organización social para la producción a escala local.

Por otra parte es importante impulsar la organización de la sociedad civil desde una perspectiva autogestiva y heterárquica, que posibilite la toma de decisiones de forma autónoma. Para lograr lo anterior es necesario que los productores y sus familias posean una amplia información sobre los temas descritos en el presente libro, así como de otros que surjan en el diálogo equitativo entre profesionales, productores, empresarios con vocación ambientalista, instituciones de gobierno y sociedad civil.

Asimismo, es necesario señalar que el derecho a la libertad de asociación está amparado en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y, de acuerdo con la Ley de Fomento a las Actividades de las Organizaciones de la Sociedad Civil, los gobiernos federal, estatal y municipal tienen el deber de apoyar todas las iniciativas de la sociedad civil encaminadas a favorecer el mejoramiento de la calidad de vida y la conservación del ambiente natural.

La severa contaminación ambiental de la región norte del país y sus impactos en la salud de la población han obligado a las autoridades a tomar medidas muy recientes, fruto de los compromisos y exigencias derivados de la participación de México en acuerdos internacionales y de la creciente preocupación de la ciudadanía por los temas ambientales y de calidad de vida.

Los acuerdos internacionales exigen que todo país tenga al menos un marco regulatorio que dé certeza al fortalecimiento de las capacidades del monitoreo y control de los contaminantes emitidos por la actividad ladrillera, esperando lograr la toma de conciencia de toda la sociedad para alcanzar el cuidado y protección de los ecosistemas potencialmente afectados por esta actividad.

Un reto asociado a la revisión de las buenas prácticas tiene relación con que la gran mayoría de las ladrilleras ya están incorporadas en el marco legal que rige a los programas de apoyo, con el propósito de incorporar áreas de oportunidad orientadas a mejorar la eficiencia y efectividad de la política pública. La evaluación de mejores opciones tecnológicas de mitigación disponibles, de rápida implementación y bajo costo, para reducir las emisiones, las cuales deben ir encaminadas a mejoras en la instalación y operación de los hornos. Por todo esto es importante tomar como referencia las recomendaciones que realiza la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) en conjunto con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) en su documento “Impulsando la productividad y el crecimiento inclusivo en Latinoamérica 2016”.

Por otro lado, importa impulsar políticas de competencia y regulación, que pueden mejorar el rendimiento per cápita al incrementar la inversión y el empleo, además de impulsar a las microempresas a ser más innovadoras, eficaces y aumentar la productividad como resultado de una tecnología más eficiente para la fabricación de ladrillos con combustibles amigables con el ambiente. Asimismo, las estrategias a nivel empresarial combinan distintos tipos de innovación, incluyendo nuevos métodos de mercadotecnia u organizacionales junto a la innovación del productos y procesos, facilitando la difusión de mejoras a través del conocimiento y la productividad. Por lo anterior se requiere un conjunto de medidas políticas para superar las barreras y apalancar los beneficios de una política comercial incorporando estándares de producción ladrillera. Tomando en cuenta a los microempresarios ladrilleros en un sistema de inclusión a la competencia y a la capacidad empresarial, promoviendo la inversión en el capital humano.

Particularmente, para el problema expuesto en este libro, el Consejo de Ciencia y Tecnología del Gobierno del estado de Querétaro, a través del Centro Queretano de Recursos Naturales en su Reporte Técnico Tomo XVII, denominado “Diagnóstico Ambiental Integral de la Ciudad de San Juan del Río, Querétaro”, afirma que:

*Prácticamente no existen registros de partículas o sustancias emitidas hacia la atmósfera por parte de las industrias en San Juan del Río... se observa que el número de industrias en la Zona Conurbada y su participación en el estado son considerables; por tanto, debiera esperarse una importante emisión potencial de contaminantes hacia la atmósfera, pero lo más probable es que, al igual que en la capital estatal, no haya rebasado los límites fijados por la norma. Por lo anterior, **se considera que actualmente las emisiones industriales no deberían representar un problema grave.** No obstante, entre los ciudadanos se tiene la percepción de que varias industrias generan malos olores y humos, y esto lo atribuyen a contaminación ambiental. En ausencia de mediciones, hasta el momento no es posible corroborar aquellas percepciones.*

Respecto a los hornos ladrilleros menciona que:

*Entre los municipios de San Juan del Río y Tequisquiapan, en el corredor de 18 km a lo largo de la Carretera Federal 120 San Juan del Río-Xilitla, para el año 2006 se tenían localizados unos 395 hornos ladrilleros, mismos que representan aproximadamente el 72.2 % del total de hornos ladrilleros en el estado.*

*Lo anterior cobra relevancia porque la producción de ladrillo es una actividad artesanal, extensiva, no regulada, importante en la economía y culturalmente arraigada en las localidades de San Nicolás, municipio de Tequisquiapan, Visthá y San Pedro Ahuacatlán, municipio de San Juan del Río. Aun cuando esta actividad provee sustento a cientos de familias, **la contaminación***

***generada por los combustibles empleados representa un grave problema para el medio ambiente y la salud humana.***

En los párrafos anteriores se muestra claramente la tendencia, aún con la escasez de información, de atenuar la responsabilidad de los industriales y refrendar el binomio pobreza-contaminación. Como consecuencia es necesaria la generación de datos puntuales para identificar claramente las responsabilidades ambientales.

## 5.1 RECOMENDACIONES

Las soluciones a las diversas problemáticas inmersas en la producción ladrillera artesanal, necesariamente pasan por la organización de los productores para que de forma estructurada puedan realizar emprendimientos autogestivos, para así actualizar sus procesos de producción con apoyo de las instituciones gubernamentales. Estos apoyos deben incluir la capacitación, el conocimiento sobre los efectos en la salud humana y de los ecosistemas, sobre las emisiones generadas por los hornos y la interacción con científicos comprometidos con el desarrollo local.

Es necesario que la sociedad civil, con acciones y argumentos coherentes y bien fundamentados, presione a las autoridades municipales, estatales y federales, para que de forma expedita se estructure un cuerpo legal, dígase Norma Oficial Mexicana sobre la producción, comercialización y uso final de los ladrillos artesanales. Norma que deberá obligar a los industriales de la construcción y comerciantes inmobiliarios para incluir en sus obras únicamente ladrillos certificados.

Los ladrillos y otros materiales de construcción deberán cumplir con estrictos controles, tanto de los materiales para su elaboración, como de los implementos tecnológicos, los procesos de combustión, el uso combustibles amigables con el ambiente y las condiciones adecuadas de trabajo para los productores.

Podemos señalar que el sector científico de México ha aportado las evidencias documentales sobre las condiciones de las emisiones de contaminantes orgánicos persistentes por la combustión de los hornos artesanales de ladrillos, situación que representa violaciones a los acuerdos y convenios internacionales signados por México, así como de la Carta Magna, leyes y reglamentos federales y NOM.

Hace falta que la sociedad civil organizada e informada presione y obligue a sus representantes de los tres niveles de gobierno para que completen la normatividad y la apliquen estrictamente, para reducir las ganancias de los industriales y mejorar las condiciones de trabajo y salud de los productores y eliminar las fuentes de contaminantes orgánicos persistentes.

No tomar las medidas adecuadas impide avanzar hacia el modelo de desarrollo sustentable y humano constitucionalizado en nuestra Carta Magna; de esta forma las autoridades de los tres niveles de gobierno que hacen caso omiso de los preceptos constitucionales de facto los violan y quedan, por este hecho, fuera de la legalidad. Es necesario que la sociedad civil organizada e informada recuerde a sus representantes las obligaciones legales que adquirieron junto con su constancia de mayoría y que fundamentalmente consisten en velar por el cumplimiento de las leyes y normas vigentes, generar iniciativas de leyes para promover mejorías sociales, económicas y ambientales que consoliden el estado de derecho.

La contradicción fundamental de nuestra época entre capital y ambiente natural y social, es significativamente más intensa que en los años anteriores a la Revolución Mexicana, los pueblos indígenas y campesinos de esa época lucharon por la tierra y los recursos naturales. En ese entonces no existían grados tan altos de contaminación de cuerpos de agua, suelo o aire como en la actualidad. Es necesario atender el problema de forma integral y multidisciplinaria, tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- Amplia difusión de la información relativa al problema, promoviendo el conocimiento, en la sociedad civil, de

los resultados de la investigación científica local, regional e internacional, mediante la promoción en medios masivos de comunicación: radio, televisión, internet, centros educativos y laborales.

- Organización de foros y talleres de discusión y análisis donde los investigadores de diversas universidades y centros de investigación expongan a la sociedad civil sus resultados y conclusiones, y se retroalimenten.
- Que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Secretaría de Salud (SSA), la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) y la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA), de forma conjunta con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), realicen un censo ambiental que incluya entre otros problemas a indagar, el recuento y posicionamiento geográfico de todos los hornos artesanales de ladrillos a nivel nacional.
- Participación de los productores artesanales en los foros y talleres con todas las condiciones que faciliten la comprensión de la información y la toma de decisiones de forma autónoma.

Las actividades señaladas y otras, deberán confluir en la elaboración de un marco legal integral que incluya:

- Aspectos ambientales sobre el uso de combustibles, donde se especifique claramente los combustibles autorizados y prohibidos, así como las sanciones legales y judiciales del uso clandestino de materiales, sustancias o residuos como combustibles.
- Condicionar la producción, procesamiento y comercialización de alimentos a que se encuentren libres de dioxinas, furanos y bifenilos policlorados o a lo sumo respete los niveles permitidos por la Unión Europea.
- Aspectos tecnológicos, donde se regule y proscriba el uso de hornos ineficientes y se establezcan las sancio-



nes legales y judiciales del uso o construcción de hornos ineficientes, sean artesanales, semi-industriales o industriales.

- Aspectos de consumo, donde se especifiquen características del producto terminado: resistencia a la flexión y compresión, dimensiones, capacidad de aislamiento térmico, entre otras. Así como el origen certificado de los materiales constituyentes: agua, arcilla, combustibles y otros materiales; se establezcan las sanciones legales y judiciales de la producción, comercialización o uso de ladrillos fuera de norma.
- Aspectos de mercado, que regule, impida y castigue a todos aquellos que produzcan, comercialicen y usen ladrillos, bloques, cementantes o cualquier material de construcción no certificado con categoría de sustentable (económica, social y ambientalmente adecuada) y se establezcan las sanciones legales y judiciales de la producción, comercialización o uso de ladrillos y otros productos e insumos para la construcción no sustentables, de tal forma que se castigue tanto al productor, como al comercializador o industrial de la construcción que aplique productos no sustentables.
- Que en las iniciativas de ley y normas oficiales para regular la producción, comercialización, transporte y uso de ladrillos rojos o de cualquier color, teja, mace-tas o cualquier otro artículo de barro cocido, bloques o sillares, participen académicos de diversas instituciones universitarias y centros de investigación, productores, industriales, instituciones gubernamentales y la sociedad civil.

Como resultado de la regulación en el uso de combustibles amigables con el ambiente, tecnologías de cocción eficientes, condiciones adecuadas de trabajo para los productores, el costo de cada unidad producida se elevaría, por lo que también debe impulsarse una regulación que limite la ganancia de los empresarios del ramo de la construcción, para garantizar el derecho constitucional para cada mexicano a una vivienda digna y decorosa.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los Mtros. Claudio Amescua y René Garduño por la revisión y los comentarios críticos al texto, así como a los evaluadores anónimos por sus correcciones y sugerencias que realizaron al manuscrito; al Mtro. Miguel Ángel Flores-Espinosa por la elaboración de los mapas. Agradecemos al Físico Carlos Márquez por la edición del texto. Reconocemos a todas aquellas personas que participaron directa e indirectamente en la realización de esta obra.

## ANEXO FOTOGRÁFICO

Imágenes fotográficas de la actividad ladrillera



Horno ladrillero artesanal, después de la quema los ladrillos.

## Entre humo y arcilla



Madera residual, clásico combustible para hornos ladrilleros.



Horno ladrillero momento previo antes de la colocación de ladrillos crudos.



Horno ladrillero, momentos antes de encenderse.



Horno ladrillero después de la quema.

## Entre humo y arcilla



Horno ladrillo y diversos combustibles para su operación. A estas condiciones se exponen los habitantes diariamente.

## GLOSARIO

(PET) polietilen tereftalato

(PVC) cloruro de polivinilo

(PEAD) polietileno de alta densidad

(PEBD) polietileno de baja densidad

(PCB) bifenilos policlorados

(HAP) hidrocarburos aromáticos policíclicos

(OMS) Organización Mundial de la Salud

(NFU) Neumáticos fuera de uso

(PCDD) policlorodibenzo-p-dioxinas

(PCDF) policlorodibenzofuranos

(OMS) Organización Mundial de la Salud

(COP) Contaminantes Orgánicos Persistentes

(NOM) Norma Oficial Mexicana

(SEMARNAT) Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

## LITERATURA CONSULTADA

1. Baek, S. Y., Jurng, J., Chang, J. S. (2013). Spatial distribution of polychlorinated biphenyls, organochlorine pesticides, and dechlorane plus in Northeast Asia. *Atmospheric Environment* 64. Pags. 40-46.
2. Barajas H., D. I. (2007). Caracterización quimiométrica del material particulado suspendido en la atmósfera del área metropolitana de Monterrey. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Químicas. pag. 110.
3. Bocanegra Salazar Melissa. (2011). Muestreo pasivo de hidrocarburos aromáticos policíclicos en las hojas de la especie vegetal *Eriobotrya japonica*. Tesis de Doctorado en Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Facultad de Ciencias Químicas. Programa multidisciplinario de Posgrado en Ciencias Ambientales.
4. Bogdal, C., Abad, E., Abalos, M., van Bavel, B., Hagberg, J., Scheringer, M., Fiedler, H. (2013). Worldwide distribution of persistent organic pollutants in air, including results of air monitoring by passive air sampling in five continents. *Trends in Analytical Chemistry* 46. Pags. 150-161.
5. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Diario Oficial de la Federación 29/07/2010.
6. De la Torre-Gea Guillermo, Delfin-Santiesteban Oscar. (2012). Análisis probabilístico mediante redes bayesianas para el cálculo de la probabilidad de lluvia en diferentes localidades. *Research in Computing Science*. Centro de Investigación en Computación del IPN. Volumen 55: 249-257. ISSN: pags. 1870-4069.
7. De Nevers, N. (2000). *Air pollution control engineering*, McGraw Hill.

8. Díaz, Y; Betancourt, D. y Martirena, F. (2011). Influencia de la finura de molido del carbonato de calcio en las propiedades físico mecánicas y de durabilidad de los ladrillos de cerámica roja. *Revista Ingeniería de Construcción* Vol. 26 No 3, Cuba.
9. Díaz-Barriga, F., López, D., Pérez, I. N., Batres, L.E. y Yáñez, L. (2004). Evaluación del riesgo para las sustancias tóxicas persistentes. En: Adrián Fernández Bremauntz, Mario Yarto Ramírez y José Castro Díaz (compiladores). *Las sustancias tóxicas persistentes en México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales e Instituto Nacional de Ecología. pags. 233-244.
10. Dong Si Nguyen. (2007). *La Ruta de Truong Son*. Ed. The Gioi.
11. Goddard J., M.; Hernández G., R. y Rojas A., N. (2010). Identificación molecular de microorganismos capaces de remover bifenilo provenientes de suelos contaminados. *Tecnología* Vol. 3, No. 2/2010. Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del IPN, Querétaro. pags. 37-51.
12. González G., N.; Perea R., C.; Ojeda L., S.; Matamoros M., J. y González A., E. (2008). El oficio de ladrillero: sus riesgos y exigencias. *Revista Synthesys* No. 56, Universidad Autónoma de Chihuahua.
13. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2015). Determinación de emisiones de gases de efecto invernadero en base a factores de emisión y monitoreo de eficiencia energética. Informe CIATEQ.INECC.
14. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (2005). Cuaderno Estadístico Municipal de Tequisquiapan, Querétaro Arteaga.
15. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2000. Integración territorial (Iter). Edición 2010
16. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Panorama sociodemográfico de Querétaro 2015. Tequisquiapan Edo, Qro.



17. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (2000). Integración territorial (Iter). Edición 2010.
18. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, (INEGI). (2005). Cuaderno Estadístico Municipal de Tequisquiapan,
19. Kjeller L-O, Jones KC, Johnston AE, Rappe C. (1991). Increases in the polychlorinated dibenzo-p-dioxin and furan content of soils and vegetation since the 1940's. Environmental Science Technology. 25: pags. 1619-1627.
20. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente. Diario Oficial de la Federación 05/07/2007.
21. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Diario Oficial de la Federación 08/10/2003.
22. López Román Jorge. Tesis Maestría. (2015). Construcción análisis de las propiedades del concreto reforzado con fibras cortas de acero y macrofibras de polipropileno: influencia del tipo y consumo de fibra adicionado. Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería Civil. División de Ingeniería Civil y Geomática. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México Abril 2015.
23. McGraw Hill. (2009). Contaminación Atmosférica. 10: pags. 234-262.
24. Nakao, T., Aozasa, O., Ohta, S., Miyata, H. (2002). Formation of dioxins analogs by open-air incineration of waste wood and by fire of buildings and houses concerning Hanshin Great Earthquake in Japan. Chemosphere. 46. Pags. 429-437.
25. Norma Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-1993. Salud ambiental. Criterio para evaluar el valor límite permisible para la concentración de ozono ( $O_3$ ) de la calidad del aire ambiente. Criterio para evaluar la calidad del aire.
26. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-1993. Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al monóxido de carbono (CO). Valor permisible para la

concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.

27. Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1993. Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas menores de 10 micras (PM10). Valor permisible para la concentración de partículas menores de 10 micras (PM10) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.
28. Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1993. Salud ambiental. Criterios para evaluar el valor límite permisible para la concentración de material particulado. Valor límite permisible para la concentración de partículas suspendidas totales PST, partículas menores de 10 micrómetros PM<sub>10</sub> y partículas menores de 2.5 micrómetros PM<sub>2.5</sub> de la calidad del aire ambiente. Criterios para evaluar la calidad del aire.
29. Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005. (2006). Establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de residuos peligrosos. Diario Oficial de la Federación, 23 de junio 2006.
30. Norma Oficial Mexicana NOM-098-SEMARNAT-2002. (2004). Protección ambiental - incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisiones de contaminantes. Diario Oficial de la Federación, 1 de octubre 2004.
31. Norma Oficial Mexicana NOM-133-SEMARNAT-2000. (2001). Protección ambiental-bifenilos policlorados-especificaciones de manejo. Diario Oficial de la Federación, 10 de diciembre 2001.
32. Norma Oficial Mexicana NOM-165-SEMARNAT-2013. (2014). Lista de sustancias sujetas a reporte para el registro de emisiones y transferencia de contaminantes. Diario Oficial de la federación, 24 de enero de 2014.
33. Norma Técnica Ecológica (NTE-IEG-001/98). (1998). Que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la instalación y reubicación de hornos ladrilleros en el estado y las condiciones para su operación y para la elaboración y cocido de piezas hechas con arcillas para la construcción. 21 de

julio de 1998 número 58 segunda parte Instituto de Ecología Guanajuato, Gto.

34. Organización Mundial de la Salud (OMS). (1987). PCDD and PCDF emissions from incineration. *Environmental Health*, 17, WHO/EURO Copenhagen, Denmark. Organización Mundial de la Salud (OMS). (2014). Ginebra, Suiza. Comunicado de Prensa.
35. Pedroza IR. (2004). Modelación de los contaminantes atmosféricos de la industria ladrillera en Ciudad Juárez, Chihuahua. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Ciudad Juarez pag. 6.
36. Pradyot Patnaik. (2007). A comprehensive guide to the hazardous properties of chemical substances. (3ª edición). E.U.A: Wiley Interscience.
37. Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana de Querétaro-San Juan del Río 2014-2023. (2014). Secretaría de Desarrollo Sustentable. Subsecretaría de Medio Ambiente. Primera edición México.
38. Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA, (2005). Emisiones de Dioxinas y Furanos por quema de Biomasa.
39. Rea, M.A; Martínez, G. G.; Cabrera, L.G.; Ruiz, F. L.E.; Zarate, A. L.; Rodríguez, M.E.; Rodríguez, D. M.G.; Rico, R.M. y Gómez, R.H. (2004). Evaluación del riesgo asociado a la fabricación artesanal de ladrillo rojo en el estado de Querétaro. Informe final Fondos Mixtos- Conacyt-Gobierno del Estado de Querétaro.
40. Rodríguez-Muñoz, Ma. E.; Anaya-Alonso, A. L.; Rico-Rodríguez, M. A.; Olvera-Coronel, M. A. y Rea, M. A. (S/F) Dispersión y efectos de contaminantes emitidos por la industria ladrillera artesanal. Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Química. Reporte Técnico. Fondos Mixtos Conacyt-Gobierno del Estado de Querétaro.
41. Sánchez A., C. E. (2011). Identificación y cuantificación de dioxinas y furanos en muestras de cenizas y aire ambiente en la zona metropolitana de Monterrey. Tesis para obtener el grado

de Maestro en Ciencias con orientación en Química Analítica Ambiental. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Químicas.

42. Sánchez Silva M. y Zapata Valencia L. A. (2013). Impacto ambiental y gestión del riesgo de ladrilleras en la vereda Los Gómez de Itagüi. *Revista científica de la Facultad de Ingeniería*. (5): pags. 109–123.
43. Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). (2015). Catálogo de localidades. Unidad de Microrregiones y Dirección Regional Ad-junta de Planeación Microrregional.
44. Secretaría el Medio Ambiente y Recursos Naturales - Environmental Protection Agency (SEMARNAT- EPA). (2009). *Situa-ción Ambiental en la Región Fronteriza*.
45. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2010). *Análisis de Mercado del Sector de la Construcción y Pro-yecto Piloto a Nivel Región Basado en un Portafolio de Políticas Públicas con el Objetivo de Reducir los CCVC de Ladrilleras Arte-sanales en México*.
46. Secretaría de Salud. (2002). *Programa de Acción: Salud Am-biental*. ISBN 970-721-064-8. pags. 11-2017.
47. Sherine, O.O., Chandrima, D., Guo, W., Haywood, T.L., Samuels, T.A., Adams C.P.; Masika, N.O., Murray, D.H., Anderson, G.A., Campbell, K., Fletcher, K. (2010). Fluorescent Chemosensors for Toxic Organophosphorus Pesticides: A Review. *Sensors* 10: pags. 7018-7043.
48. Trejo A., A.; Díaz B., F.; Carrizales, L.; Domínguez, G.; Costi-lla, R.; Ize-Lema, I.; Yarto R., M.; Gavilán G., A.; Mejía S., J. y Pérez M., I. (2009). Exposure assessment of persistent organic pollutants and metals in Mexican children. *Chemosphere* 74. Pags. 974–980.
49. Universidad Autónoma de San Luis Potosí- Instituto Nacional de Ecología. (2004). *Metales y contaminantes orgánicos persis-tentes en niños y muestras ambientales de 10 sitios contami-nados de México*. Informe Final. pag. 30.

50. U.S. Environmental Protection Agency. Method 8290A: polychlorinated Dibenzodioxins (PCDDs) and Polychlorinated dibenzofurans (PCDFs) by High-Resolution Gas Chromatography/High-Resolution Mass Spectrometry (HRGC/HRMS). 1998.
51. Valtierra, J.G.; de la Lata G., R.; Medina L., S.E.; Bayona C., A.; Toral L., M. A., Muñoz A., G.; Díaz R., A.; Pedraza A., G.; y Quistián G., A. (2011). Diagnóstico ambiental integral de la Ciudad de san Juan del Río, Querétaro. Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro.
52. Varum, H., Figueiredo, A., Silveira, D., Martins, T. y Costa, A. (2011). Investigaciones realizadas en la Universidad de Aveiro sobre caracterización mecánica de las construcciones existentes en adobe en Portugal y propuestas de rehabilitación y refuerzo. Resultados alcanzados. Informes de la Construcción, 63(523). pags, 127-142.
53. Wunderli, S., Zennegg, M., Dolezal, I., Gujer, E., Moser, U., Wolfensberger, M., Hasler, P., Noger, D., Studer, C., Karlaganis, G. (2000). Determination of Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzo-furans in solid residues from wood combustion by HRGC/HRMS. Chemosphere. 40. Pags, 641-649.