

## Capítulo 2

### Generalidades

A lo largo de la historia el ser humano ha aprovechado los recursos naturales para satisfacer sus necesidades básicas y tener una vida más confortable, pero conforme avanzaron las civilizaciones comenzó a sobreexplotar dichos recursos provocando su agotamiento; se ha ocasionado un desequilibrio ecológico, los ecosistemas se encuentran alterados y contaminados y los seres vivos sufren las consecuencias.

La diversidad de especies animales y vegetales de la Ciudad de México se ha reducido significativamente debido a la sobrepoblación y la contaminación; y a pesar de que algunos de sus ecosistemas se encuentran protegidos en reservas ecológicas, también se han visto afectados. Los suelos de la ciudad se dividen en urbano y de conservación; el primero destinado a viviendas, el segundo a actividades primarias (agricultura y ganadería), de protección del ambiente y de re-oxigenación del aire. El aumento descontrolado de habitantes en la zona urbana y la falta de viviendas han ocasionado que algunos pobladores se establezcan en asentamientos irregulares en áreas de conservación o reserva, dañándolos y afectando las especies que ahí habitan.

Ante la necesidad de erradicar o regularizar los asentamientos en suelo de conservación, las autoridades e instituciones académicas realizan acciones diversas. En el Programa de Reducción de Impacto Ambiental, realizado por la UNAM (PRIA, 2009), se elaboraron propuestas para mitigar los problemas de contaminación del asentamiento irregular Ocotla, considerando mejoras en la calidad del aire, agua y suelo. Como una de las alternativas para reducir los contaminantes atmosféricos se analizó la utilización de energía solar como sustituto de la quema de leña y gas LP, para generar calor y energía eléctrica.

Antes de presentar la propuesta específica para Ocotla es conveniente presentar los tres conceptos fundamentales en el desarrollo de esta tesina: contaminación atmosférica, asentamientos irregulares y energía solar.

### 2.1 Contaminación atmosférica

La atmósfera es la capa gaseosa que rodea a la hidrósfera y litósfera; en ella se generan los fenómenos climáticos y meteorológicos que ocurren en la Tierra, se regula la entrada y salida de energía del planeta y es el principal medio de transferencia de calor. Está compuesta en un 78% por nitrógeno, un 21% oxígeno y el resto por otros elementos.

Se considera contaminación atmosférica a la presencia de uno o más contaminantes, o cualquier combinación de ellos, que cause un desequilibrio ecológico; entendiendo por contaminante toda materia o energía en cualquier estado físico y forma que al incorporarse en la atmósfera altere o modifique su composición y condición natural (LGEEPA, 1998).

Los contaminantes de la atmósfera se clasifican según diversos criterios. A continuación se mencionan los principales para este estudio, sin atender clasificación alguna:

*Hidrocarburos no quemados y compuestos orgánicos volátiles (HC y COV):* Son compuestos formados por hidrógeno y carbono principalmente. Los HC se producen por combustión incompleta mientras que los COV provienen de solventes y evaporación de combustibles. Estos contaminantes influyen en la formación de smog fotoquímico y en los asentamientos irregulares se considera que no alcanzan altas concentraciones.

*Monóxido de carbono (CO):* Este gas es emitido a la atmósfera cuando ocurre una combustión incompleta, es venenoso para los seres humanos y puede provocar mareo, dolor de cabeza, desmayos e incluso la muerte.

*Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>):* Este gas de efecto invernadero es producto de la combustión completa. Aunque no tiene efectos negativos sobre la salud, sí los tiene sobre el ambiente, pues favorece el calentamiento global.

*Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>):* Afectan la salud del ser humano por atacar directamente a los pulmones; perjudican al ambiente al producir el smog fotoquímico y combinarse con la humedad acidificando la lluvia, lo que ocasiona daños en los ecosistemas.

*Partículas.* Son emitidas principalmente por la erosión de los suelos y la quema de basura. Las partículas son un problema estético, reducen la visibilidad y causan daños a las vías respiratorias (The Green Gate, 2009). En los asentamientos irregulares este tipo de contaminación es muy común por la erosión del suelo debido a la falta de pavimentación de las calles y por quemar basura.

La contaminación generada en los asentamientos irregulares no sólo afecta a la gente que habita en ellos, el daño se extiende. En general, la contaminación atmosférica acontece a 5 escalas, según el área afectada (Boubel-Turner, 1994):

- Local: Cuando el área afectada abarca hasta 5 kilómetros; los contaminantes se producen dentro de esa área y generalmente de una sola fuente.

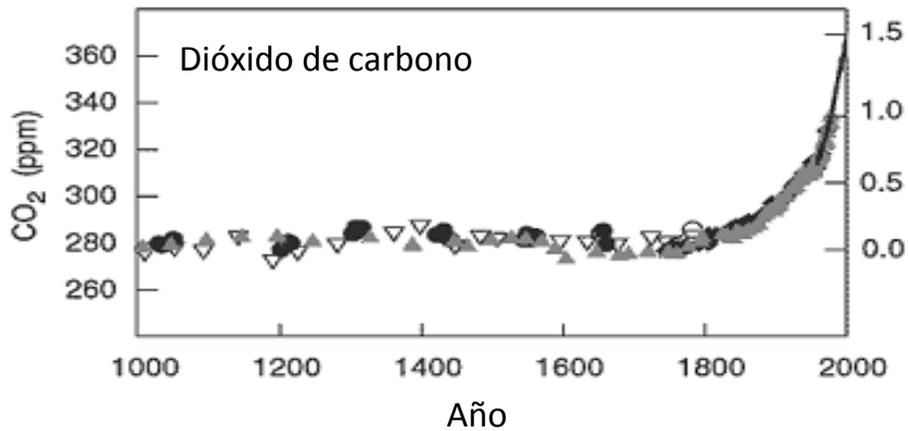
- Urbana: El impacto se extiende hasta 50 kilómetros. El área afectada abarca comunidades enteras por lo que la salud de sus habitantes peligran.
- Regional: La afectación abarca de 50 a 500 kilómetros.
- Continental: Deterioro de 500 a miles de kilómetros. Esta escala indica una situación grave que involucra varios países; mucha gente y especies que se encuentran en peligro.
- Global: Impacta a todo el planeta.

La contaminación atmosférica actual ha alcanzado un impacto global (según el criterio mencionado); el daño ambiental abarca todo el planeta y se observan consecuencias graves como el calentamiento global que ha generado un cambio climático.

Se entiende por calentamiento global al aumento de temperatura promedio del planeta debido al incremento en la cantidad de gases de efecto invernadero en la atmósfera; éstos impiden la salida de la radiación solar que debe reflejarse al exterior del planeta, provocando cambios en ecosistemas y afectando a muchas especies animales y vegetales (BIODISOL, 2009).

La atmósfera tiene en su composición natural gases de efecto invernadero ( $H_2O$  y  $CO_2$ ), pues este proceso es parte del ciclo natural del planeta; se convierte en contaminación cuando hay un incremento significativo de éstos. Los principales gases de efecto invernadero son dióxido de carbono ( $CO_2$ ), metano ( $CH_4$ ) y óxido nitroso ( $N_2O$ ) (Davis, 1998).

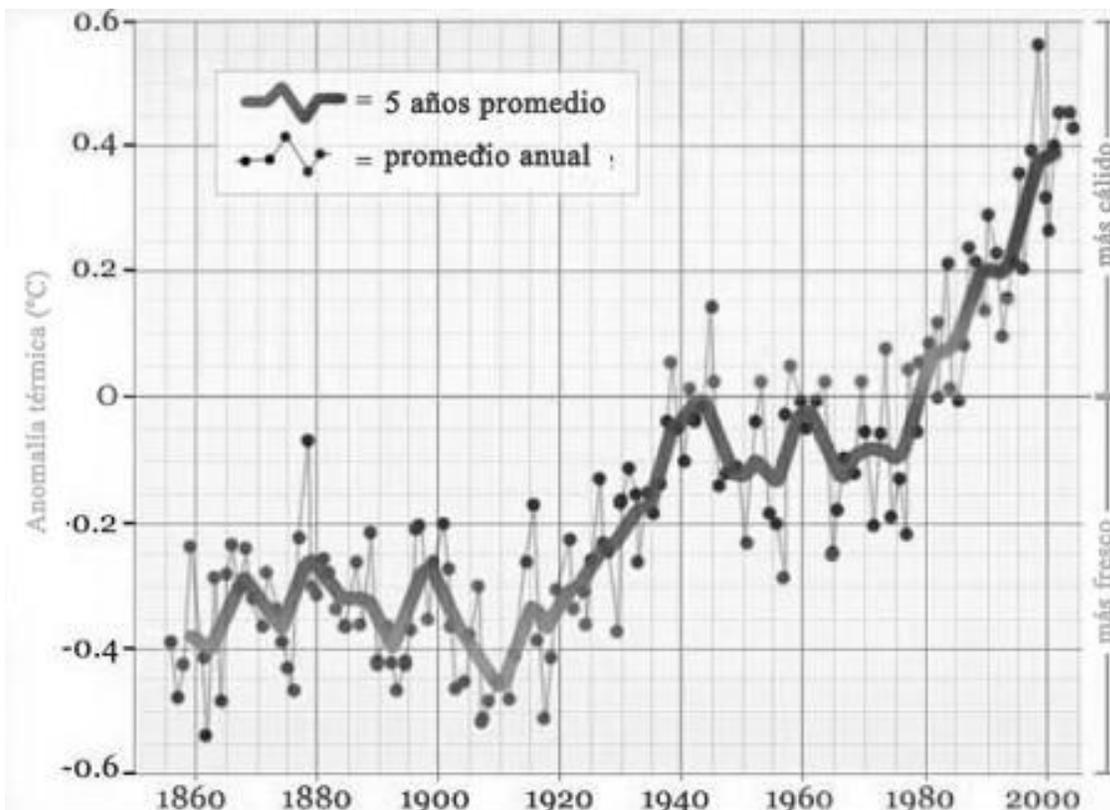
El incremento más notable de la contaminación atmosférica inició con la revolución industrial; cuando se descubrieron los usos del vapor para mover máquinas comenzó a utilizarse una gran cantidad de combustibles fósiles que ahora son parte de la vida diaria. La combustión es la principal fuente de contaminantes atmosféricos (PVEM, 2009) y uno de los principales causantes del cambio climático. En la figura 2.1 se muestra el aumento de dióxido de carbono desde el año 1000 a nuestros días. Como se puede notar en la gráfica hay un incremento en la concentración de dicho contaminante a partir del año 1800.



Fuente: SEMARNAT, 2009

Figura 2.1. Aumento de dióxido de carbono

El aumento de temperatura en la atmósfera de la Tierra ha sido drástico; en la figura 2.2 se puede apreciar la variación de la temperatura promedio de 1860 al año 2000, incrementándose notablemente en los últimos 30 años. La tendencia indica que podría aumentar entre 1° y 7°C en los próximos 100 años (Medina, 2009).



Fuente: [http://199.6.131.12/es/scictr/watch/climate\\_change/change.htm](http://199.6.131.12/es/scictr/watch/climate_change/change.htm)

Figura 2.2. Aumento de la temperatura global

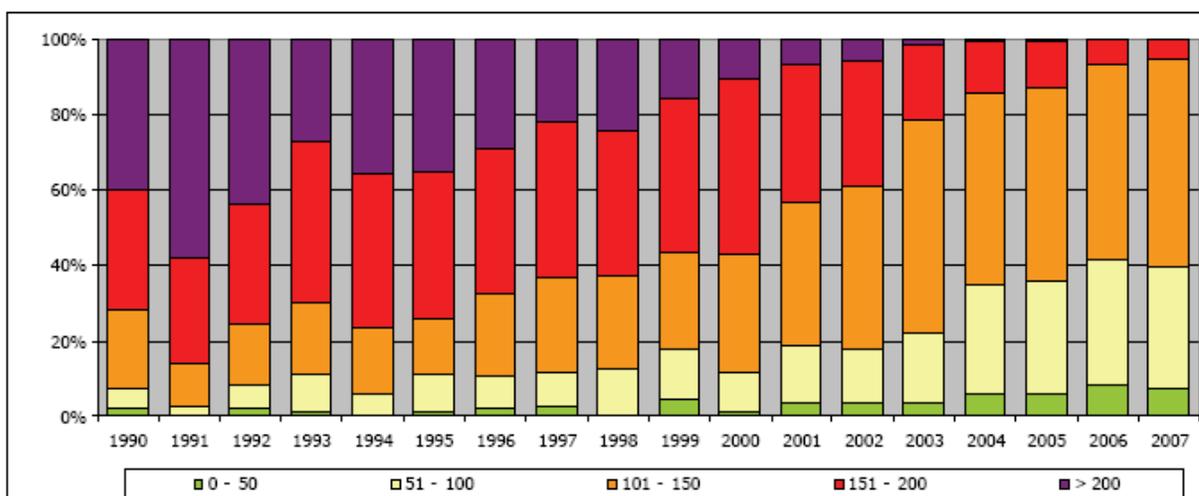
Si el aumento en la temperatura global continúa, el cambio climático traerá consecuencias graves como el deshielo de los polos, la muerte de especies marinas que no toleren la variación de temperatura, alteraciones en los ecosistemas, aumento del nivel del mar, sequías y cambios meteorológicos.

### **2.1.1 Contaminación atmosférica en la Ciudad de México**

La Secretaría de Medio Ambiente (SMA) mide la calidad del aire mediante el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA); señala la cantidad de contaminantes ambientales presentes y asigna un valor dentro de una escala de calidad que va desde buena hasta extremadamente mala. Esta escala permite al gobierno tomar decisiones sobre las medidas a tomar cuando es necesario reducir los niveles de contaminación y evitar daños a la salud; ejemplos de éstas son la suspensión de actividades al aire libre y la aplicación del “hoy no circula” (SMA, 2009).

La obtención del IMECA se realiza mediante un algoritmo de cálculo para la generación de los subíndices que indican la calidad del aire, utilizando funciones segmentadas basadas en dos puntos de quiebre que se basan en los criterios mexicanos que especifican las concentraciones de contaminantes para las que existen evidencias de daños significativos a la salud. El primer subíndice tiene asignado el valor 100 y el segundo de 500, entre este intervalo hay 3 valores más para describir la situación actual del aire. El cálculo se realiza en 5 zonas de la Ciudad de México y se reporta: para el Ozono y el bióxido de nitrógeno, el máximo valor de las cinco zonas; para el monóxido de carbono, el máximo promedio móvil de 8 horas; para el bióxido de azufre y partículas menos a 10 micrómetros, el máximo del promedio móvil de 24 horas y para partículas suspendidas el promedio de 24 horas por estación en muestreos de 6 días (Pedroza, 2010).

La medición del IMECA se realiza diariamente, se tienen registros históricos de dichos datos que permiten comparar la calidad del aire de la ciudad antes y ahora. En la figura 2.3 se muestra una gráfica de la calidad del aire en la Zona Metropolitana del Valle de México del año 1990 a 2007. El color verde indica buena calidad en el aire, mientras que el color morado indica calidad extremadamente mala (SMA, 2009).



Fuente: SMA, 2007

Figura 2.3: Calidad del aire en la Ciudad de México, 2007.

La re-oxigenación del aire en espacios destinados a reservas ecológicas y preservación del ambiente permite disminuir los niveles altos de contaminación. Sin embargo, como estas áreas han sido invadidas por asentamientos irregulares, la calidad el aire se sigue afectando; para contrarrestar este efecto se debe frenar la expansión y multiplicación de dichos asentamientos y crear planes ambientales con alternativas para reducir los contaminantes presentes en la atmósfera, como la reforestación y la supresión de la quema de combustibles fósiles, entre otras.

Para el sitio en estudio, la contaminación atmosférica radica en lo siguiente: los resultados de la encuesta (Ver anexo) aplicada en Ocotla indican que el recurso más utilizado en el asentamiento para generar calor es el gas LP, un combustible fósil peligroso y altamente inflamable al mezclarse con oxígeno, y que se ha convertido en un riesgo latente debido a las fugas ocasionadas por el diseño inadecuado de las instalaciones y el mal estado de los cilindros en los que se almacena el gas (SENER, 2009). El gas LP afecta al ambiente desde su extracción hasta su utilización y como es un recurso no renovable va a encarecerse y agotarse.

Para sustituir al gas LP con otras fuentes de generación se requiere una inversión económica significativa, la cual a largo plazo será compensada por los beneficios económicos y ambientales; éste es el caso de la energía solar, donde la inversión económica se recupera por no requerir combustibles, no genera contaminantes y puede aprovecharse mediante sistemas distintos según su aplicación como la generación de electricidad y el empleo en la cocina y el baño.

## 2.2 Asentamientos irregulares

A los grupos de gente que se establecen en suelos destinados a la conservación ecológica y actividades primarias se les conoce como asentamientos irregulares. La falta de planeación y el lugar en el que se encuentran localizados representan un problema tanto para los propios habitantes como para la ciudad en general. En algunas ocasiones carecen de los servicios básicos, como agua potable, drenaje, electricidad, calles pavimentadas, transporte y sistemas de recolección de basura; en otras cuentan con los servicios de forma irregular, lo que provoca que los habitantes tengan una vida menos confortable de la que tendrían en una vivienda regular.

Ambientalmente generan problemas de agua, aire y suelos, ya sea por el manejo inadecuado de los recursos naturales o por las actividades que se llevan a cabo en asentamiento, como la disposición de las aguas negras y grises directamente al suelo (propiciando su filtración y la contaminación del manto acuífero) y el manejo inadecuado de la basura a través de la quema (PRIA, 2009).

Las principales emisiones de contaminantes atmosféricos de los asentamientos irregulares se generan por la defecación de animales al aire libre, las partículas desprendidas por la erosión de los suelos y la quema de basura, leña y gas LP; sin embargo la mayor afectación al ambiente es el impedimento de la re-oxigenación del aire de la ciudad, pues suelen encontrarse en los que solían ser los “pulmones verdes” de ésta.

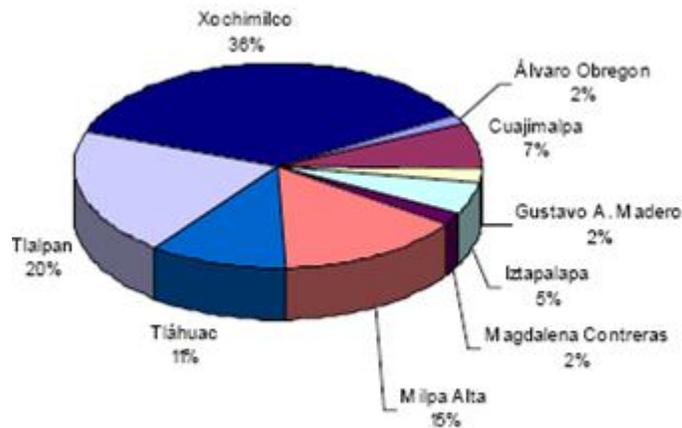
El Distrito Federal tiene una superficie de 149,524 ha; sólo el 41% de este terreno (61,082 ha) está considerado suelo urbano, el 59% restante (88,442 ha) es suelo de conservación ecológica (Mollá, 2006).

En el año 2000, del suelo de conservación, 62,000 ha, ya se encontraban bajo régimen de propiedad social, estaban registrados 36 poblados rurales y 708 asentamientos humanos; de éstos sólo 180 eran regulares (Mollá, 2006). En la figura 2.4 puede observarse la distribución de los suelos de conservación en la Ciudad de México, que en su mayoría se encuentran al sur y representan más de la mitad del territorio.



Fuente: Sánchez Barrientos, 2009  
 Figura 2.4: Suelos de conservación ecológica.

La mayor parte de los asentamientos irregulares de la ciudad de México se encuentra en las delegaciones de Xochimilco, Tlalpan, Milpa Alta y Tláhuac; en la figura 2.5 se puede observar la distribución de los asentamientos irregulares por delegación.



Fuente: Sánchez Barrientos, 2009  
 Figura 2.5: Distribución de los asentamientos irregulares

Los suelos de conservación dentro de la Ciudad de México brindan varias ventajas, en ellos se genera una mayor producción de oxígeno, promueven el ecoturismo y el desarrollo de actividades primarias (agricultura y ganadería), que favorecen el desarrollo económico; asimismo se propicia la recarga del manto acuífero, posteriormente se extrae el 57% como consumo de agua potable en la ciudad.

Estas zonas han sido menospreciadas; su tasa de deforestación es de aproximadamente 500 ha al año y el número de asentamientos sigue aumentando (Mollá, 2006), lo que ha impactado directa y negativamente en el ambiente. El territorio en el que se encuentran ubicados es muy rico en recursos naturales y posee una gran diversidad de especies animales y vegetales; un uso inadecuado y la explotación de dichos recursos conlleva a un desequilibrio con graves consecuencias ambientales, como la destrucción de ecosistemas.

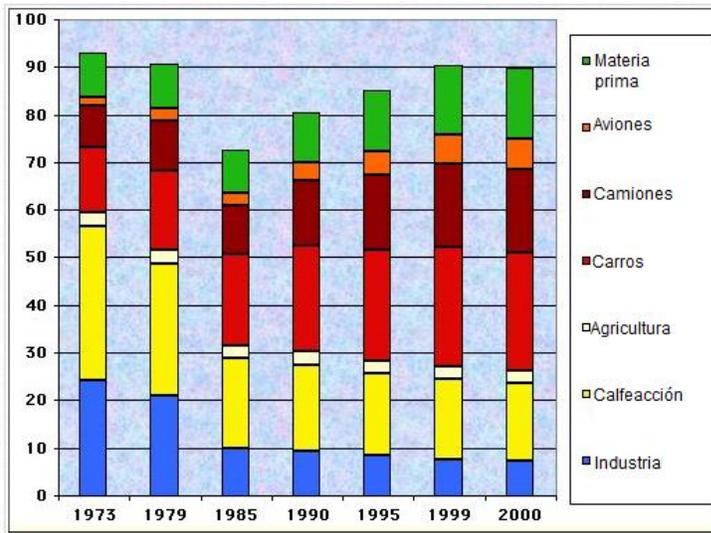
En 2009 se creó la Comisión para la Regularización de la Tenencia de la Tierra (CORETT, 2009) con el objetivo de regularizar la posesión de las tierras para promover un desarrollo urbano equilibrado, brindar seguridad a los propietarios y mejorar su nivel de vida, lo cual traería beneficios no sólo para los habitantes de dichos asentamientos, sino también para el resto de los pobladores de la Ciudad de México.

La creación de programas de reducción de impacto ambiental ayuda a combatir los problemas del asentamiento y a mejorar su calidad de vida, evitan daños a la salud y al ambiente mediante la creación de alternativas adecuadas al lugar.

## **2.3 Energía solar**

Los combustibles que se utilizan hoy en día para generar energía están en vías de agotarse, el desarrollo industrial acelerado que se vive en el mundo ha traído consigo problemas a las economías, principalmente ocasionados porque los recursos energéticos necesarios para mantener dicho desarrollo se han encarecido; el petróleo, que es la fuente de energía primaria más utilizada, es un recurso limitado y conforme éste escasea su costo aumenta.

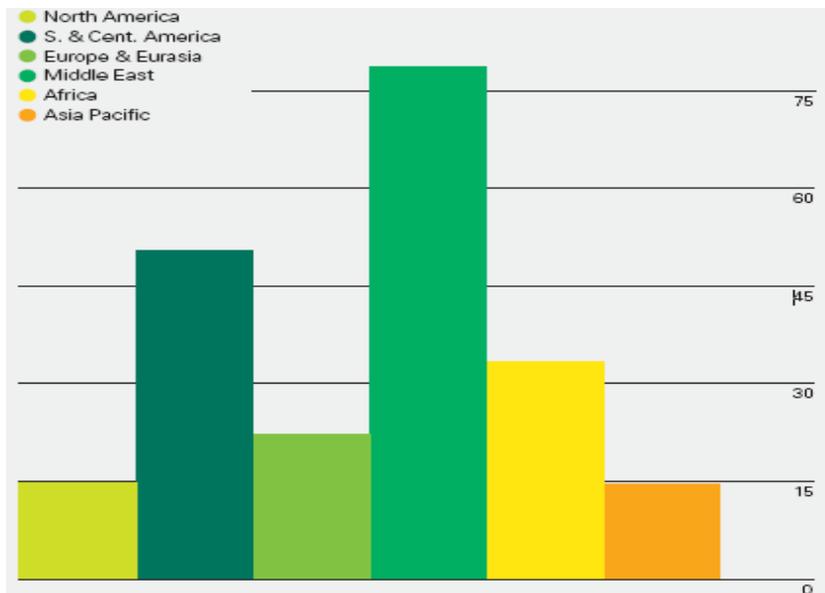
Los usos del petróleo son variados; los más comunes se pueden observar en la figura 2.6. Su principal destino es la generación de combustible para transportes y producción de electricidad, representado en la figura como calefacción e industria.



Fuente: [http://www.manicore.com/anglais/documentation\\_a/carb\\_agri\\_a.html](http://www.manicore.com/anglais/documentation_a/carb_agri_a.html)

Figura 2.6: Usos del petróleo

Las reservas conocidas de petróleo se están agotando; la figura 2.7 muestra la estimación de años, realizada por British Petroleum, en los que cada región podrá seguir gozando de reservas de petróleo con el ritmo de consumo actual. México se encuentra considerado en la región de Norteamérica (BP, 2009):



Fuente: BP, 2009

Figura 2.7: Reservas de petróleo en el mundo

Como se puede apreciar en la figura, en Norteamérica, las reservas de petróleo que pudieran obtenerse con la tecnología existente, durarán 20 años; encontrar fuentes sustitutas de este recurso se ha convertido en una necesidad por lo que se han comenzado a emplear fuentes renovables que permiten cubrir la necesidad energética sin agotar las reservas de petróleo y afectando menos el ambiente.

Se conoce como energías renovables a *“aquellas energías que tienen una fuente prácticamente inagotable con respecto al tiempo de vida del ser humano en la Tierra y cuyo aprovechamiento es técnicamente viable”* (ANES, 2009). Tienen la ventaja de que pueden utilizarse en distintas aplicaciones y escalas, su costo a largo plazo suele ser más bajo que el requerido por las energías convencionales, no necesitan combustibles fósiles y su impacto ambiental es menor porque generan pocas o incluso nulas emisiones de gases contaminantes (por lo que se consideran “energías limpias”).

Entre las fuentes de energía limpia se encuentra la solar; ésta se produce en el Sol debido a la continua reacción termonuclear que se lleva a cabo en su interior a temperaturas de varios millones de grados (ANES, 2009). Utilizarla no es una idea reciente; en las antiguas civilizaciones el hombre se sabía dependiente del Sol y le dio diversos usos prácticos.

Ejemplos de algunos personajes que hicieron uso de la energía solar son Arquímedes, de quien se dice que en el año 212 aC. incendió con energía solar una flota romana usando espejos; y el francés Antoine Lavoisier, que en el siglo XVIII alcanzó temperaturas de hasta 1,750°C enfocando los rayos del Sol a través de lentes para fundición de metales (Manrique, 1984).

En el siglo XIX se desarrollaron más aplicaciones, entre las que pueden mencionarse un destilador de agua salada, una máquina de vapor para una imprenta y una cocina solar. En los últimos 50 años se ha impulsado la investigación sobre esta fuente energética encontrando más funciones incluso a escalas mayores, como las plantas termosolares.

El Sol como fuente de energía puede aprovecharse de dos formas: energía fototérmica o energía fotovoltaica. La primera es aquella en la que la luz del sol se transforma en calor para aumentar la temperatura de procesos, materiales o fluidos de trabajo; la segunda se utiliza para generar energía eléctrica.

Sea cual sea su transformación y utilización, aunque los sistemas de captación aún no tienen altas eficiencias y sigue siendo una tecnología cara, es una alternativa que genera beneficios ambientales y económicos a largo plazo, su uso es factible en grande o pequeña escala y puede utilizarse en regiones urbanas o rurales por su variedad de aplicaciones.

### 2.3.1 Actividad solar

Para entender más a fondo cómo se aprovecha la energía solar es necesario primero conocer su fuente: el Sol. A continuación se mencionan sus características, con base principalmente en el texto escrito por Manrique (1984).

El Sol es una estrella cuya masa es aproximadamente 334,000 veces mayor que la Tierra, está formado por materia gaseosa, principalmente por hidrógeno y helio, gira sobre su propio eje una vez cada cuatro semanas y tiene un diámetro de 1.39 millones de kilómetros.

La distancia entre el Sol y la Tierra cambia por la órbita elíptica de este planeta a su alrededor, y es de aproximadamente 150 millones de kilómetros. El Sol tiene temperaturas muy altas, distintas en cada capa; para fines prácticos y en las aplicaciones en que se utiliza la energía solar, se considera que el Sol está a una temperatura superficial media de 5,762°K., de igual forma se ha normalizado un valor para medir la radiación solar extraterrestre, que no es constante.

La radiación solar es la energía electromagnética que mana en los procesos de fusión del hidrógeno (en átomos de helio) contenido en el Sol (CONAE, 2009a). Esta radiación se divide en 3 bandas:

- La banda ultravioleta tiene una longitud de onda menos a 0.35 $\mu$ m y contiene el 7% de la energía
- La banda visible tiene longitudes de entre 0.35 $\mu$ m y 0.75 $\mu$ m y contiene el 47% de la energía
- La banda infrarroja, con longitud superior a los 0.75 $\mu$ m, contiene 46% de la energía

El 47% de esta radiación llega a la Tierra, aunque la que llega a su superficie representa aproximadamente un 28%, pues lo demás es absorbido o reflejado por la atmósfera y las nubes (RENA, 2008).

Para medir la radiación que emite el Sol se utiliza el concepto de constante solar, definida por Manrique como *“la cantidad de energía por unidad de tiempo que recibe del Sol una superficie de área unitaria perpendicular a la radiación, en el espacio y a una distancia media del Sol a la Tierra”*, con un valor estandarizado de 1,353 W/m<sup>2</sup> para el total de la radiación solar extraterrestre.

Esta radiación en la Tierra varía según las condiciones meteorológicas y la posición del Sol, que depende de las estaciones del año, el lugar donde se mide la radiación y la hora del día. En condiciones ideales, para un día sin nubes y sin contaminación, el máximo que podría recibirse en cualquier punto de la superficie terrestre son unos 1000 W/m<sup>2</sup> (CONAE, 2009a).

La energía solar que llega en un año a la superficie de la Tierra, sin contar la parte de ella que se absorbe por los mares, es de  $1.5 \cdot 10^{17}$  KWh. Esto equivale a miles de veces el consumo energético total a nivel mundial (CONAE, 2009a).

La ubicación de los asentamientos irregulares de la Ciudad de México es favorable para la utilización de la energía solar; su lejanía de la ciudad otorga la ventaja de permitir que la luz solar llegue directa y no se refleje o interrumpa por los edificios altos.

México presenta índices de insolación adecuados para su aprovechamiento. La insolación se define como *“la cantidad de energía solar (directa, difusa y reflejada) que se recibe durante la duración del día, en un punto determinado del planeta, sobre una superficie colectora horizontal de  $1\text{m}^2$ ”* (EPSEA, 2009). Para la ciudad de México la media es de  $5.3 \text{ KWh/m}^2$  (NMSU, 2009). En la figura 2.8 se puede observar un mapa del país con su promedio de insolación anual.

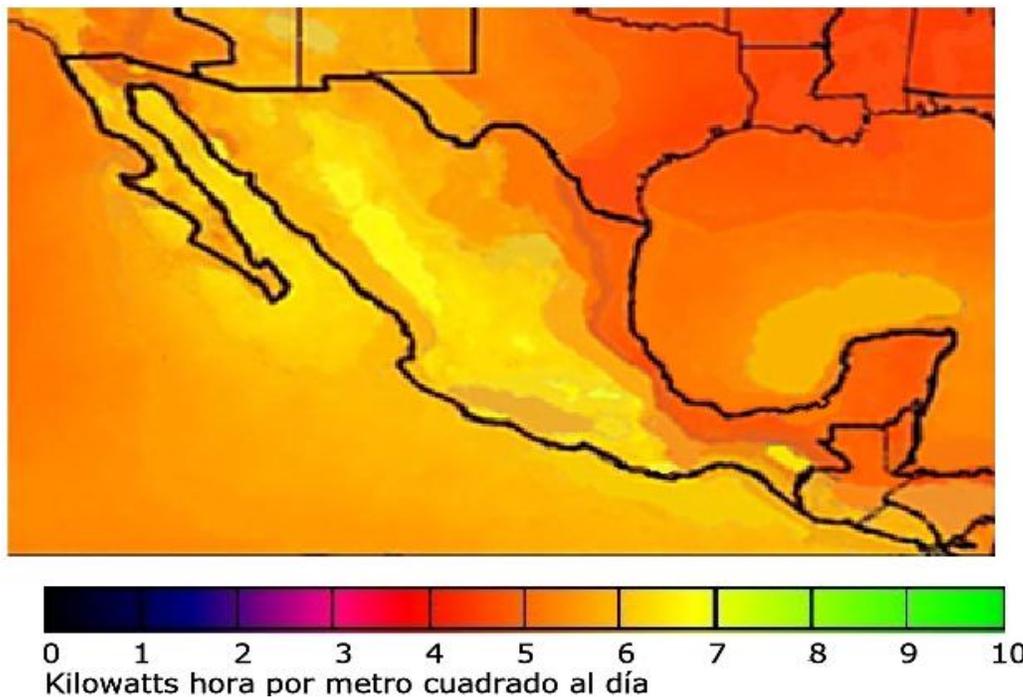


Figura 2.8. Insolación promedio en México

Si la eficiencia de los dispositivos de recolección y aprovechamiento de energía solar fuera mayor, se alcanzaría suficiente energía para cubrir el consumo actual; se requiere investigación y desarrollo de sistemas y tecnologías para aumentar su eficacia y aprovecharla. Algunos sistemas solares que pueden utilizarse en los asentamientos irregulares se presentarán en los siguientes capítulos.