

Arquitectura y medio ambiente en la ciudad de México

José Roberto García Chávez y Víctor Fuentes Freixanet





JOSÉ ROBERTO GARCÍA CHÁVEZ es profesor-investigador del Departamento de Medio Ambiente de la División de Ciencias y Artes para el Diseño; realizó su doctorado en Gran Bretaña y estudios de posdoctorado en los Estados Unidos. Tiene amplia experiencia académica y profesional en arquitectura bioclimática, tecnología solar y alternativas y desarrollo sustentable. Es autor de diversas publicaciones en estos campos del conocimiento.



VÍCTOR FUENTES FREIXANET es profesor-investigador del Departamento de Medio Ambiente de la División de Ciencias y Artes para el Diseño. Tiene estudios de especialización en arquitectura bioclimática y es candidato a la maestría en el posgrado. Tiene vasta experiencia en la realización de proyectos bioclimáticos y es autor de publicaciones en temáticas afines.

ARQUITECTURA Y MEDIO AMBIENTE
EN LA CIUDAD DE MÉXICO

COLECCIÓN
Libros de Texto y Manuales de Práctica

SERIE
Materiales de apoyo a la docencia

217577
C.B. 2893230

Arquitectura y medio ambiente en la ciudad de México

Hacia un desarrollo sustentable
del hábitat construido para el nuevo milenio

José Roberto García Chávez
Víctor Armando Fuentes Freixanet



2893230

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

Rector General

José Luis Gázquez Mateos

Secretario General

Edmundo Jacobo Molina

UNIDAD AZCAPOTZALCO

Rectora

Mtra. Mónica de la Garza Malo

Secretario

Lic. Guillermo Ejea Mendoza

Coordinador de Extensión Universitaria

Lic. Enrique López Aguilar

Jefa de la Sección de Producción y Distribución Editoriales

Lic. Silvia Aboytes Perete

UNAM
NA 259
G 3.7

Portada

Pablo Vargas Rivera / Sans Serif Editores

Composición tipográfica, diseño, producción y cuidado editorial

Sans Serif Editores, tel. 5611 37 30, telfax 5611 37 37

Primera edición 2000

ISBN: 970-654-620-4

© Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Azcapotzalco
Av. San Pablo núm. 180
México, 02200, D.F.

Impreso en México

Printed in Mexico

PRÓLOGO

LA CIUDAD DE MÉXICO presenta problemas de diversa índole, los cuales a su vez provocan tensiones sociales que se han incrementado en los últimos años, y esta situación afecta de manera severa a sus habitantes, sobre todo en su calidad de vida. Uno de estos problemas es precisamente el que se refiere al severo deterioro del medio ambiente. En este libro se analiza el problema ambiental de la ciudad de México y su relación con el hábitat construido, y se plantean acciones y medidas correctivas para contribuir a su solución. El libro está orientado a apoyar la impartición de la docencia, tanto en el nivel de licenciatura como en el posgrado, en áreas relacionadas con el estudio del medio ambiente y su relación con el diseño, urbano y arquitectónico. Este libro tiene el propósito de servir no sólo como material efectivo de apoyo didáctico para alumnos y profesores en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las temáticas relacionadas con el medio ambiente y el diseño de espacios arquitectónicos y urbanos, sino también como material de consulta y referencia para investigadores, arquitectos, planificadores, constructores y todas aquellas personas relacionadas con las actividades del medio ambiente construido, particularmente las que se desarrollan en la zona metropolitana de la ciudad de México.

En la realización de este libro se ha llevado a cabo una cuidadosa investigación de las fuentes más actualizadas y confiables de las diversas disciplinas científicas y tecnológicas que estudian el diseño y su relación con el impacto en el medio ambiente natural y sus consecuencias. El

análisis climático, la interpretación de los resultados obtenidos y el planteamiento de las estrategias de diseño bioclimático que se presentan al final de este libro, como parte medular del mismo, se basan en la experiencia de los autores, tanto en el nivel académico como en el desarrollo de la práctica profesional. El capítulo I de este libro presenta los objetivos, metas y alcances del trabajo. En el capítulo II se analiza el uso de los recursos naturales y las consecuencias y repercusiones ambientales en el ámbito mundial. El análisis de las condiciones climáticas, el uso y los patrones de las diversas fuentes de energía, así como los efectos en el medio ambiente, en el caso de México, y de la ciudad de México en particular, se presentan en los capítulos III y IV.

La problemática específica del sector habitacional, en relación con el uso y manejo de los energéticos convencionales y los efectos en el medio ambiente, se analizan en el capítulo V, y se complementan con un diagnóstico de la situación actual. Las alternativas de solución para la preservación y mejoramiento del medio ambiente en la ciudad de México, en relación con el hábitat construido, se establecen, como parte fundamental de este libro, en el capítulo VI, y se complementan con las acciones y medidas correctivas que es necesario realizar. Al final del libro se presentan las conclusiones de este trabajo y se incluyen la bibliografía y las referencias correspondientes.

Las actividades que se desarrollan en cada capítulo están orientadas a la reafirmación de los conocimientos adquiridos en las diversas áreas temáticas que se presentan. Esto hace partícipe

al lector de una dinámica reflexiva y práctica, mediante un proceso de discernimiento que además le permite realizar un proceso autocognoscitivo. Por eso se presenta un resumen al final de cada capítulo, y se complementa con ejercicios de aplicación y una guía de autoevaluación que permita medir el nivel de asimilación adquirido.

El mejoramiento y la preservación del medio ambiente y la obtención de una auténtica calidad de vida para los habitantes de la ciudad de México, por medio de acciones de diseño bioclimático, del aprovechamiento de las nuevas tecnolo-

gías energéticas y de un uso eficiente de los recursos naturales existentes, son objetivos fundamentales de esta obra. En la medida en que se busque alcanzar estos objetivos con el uso del material de este libro, se podrá coadyuvar a las acciones de desarrollo sustentable, que se plantean tanto en el ámbito nacional como en el mundial, como estrategia para lograr un hábitat construido en total armonía con el medio ambiente natural, con un enfoque favorable hacia el nuevo milenio para los actuales y futuros habitantes de la ciudad de México.

JOSE ROBERTO GARCÍA CHÁVEZ
VÍCTOR ARMANDO FUENTES FREIXANET

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

OBJETIVOS

ESTE LIBRO TIENE COMO OBJETIVO fundamental conocer y analizar el problema ambiental de la ciudad de México y su relación con el hábitat construido, así como plantear acciones y medidas correctivas para coadyuvar a su solución. Concientizar al lector acerca de la importancia de mejorar y preservar el entorno natural y de hacer un uso eficiente de los valiosos recursos energéticos naturales, así como diseñar y construir edificios saludables, confortables y sustentables, son los objetivos primordiales de este libro.

METAS

El material que se presenta en este libro está dirigido a apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje en áreas afines con el estudio del medio ambiente y su relación con el diseño urbano y arquitectónico. Esta información puede ser utilizada también como material de consulta y referencia por investigadores, arquitectos, planificadores, constructores y todas aquellas personas relacionadas con las actividades del medio ambiente construido, particularmente las que se desarrollan en la zona metropolitana de la ciudad de México.

Las metas que se persiguen en este libro están enfocadas a proporcionar al lector diversas herramientas que le permitan corregir la situación actual, en la parte correspondiente a las acciones del diseño y construcción de edificaciones, que se evidencia en un ostensible y severo daño ambiental.

ALCANCES

Los alcances de este libro se caracterizan por establecer diversos niveles de conocimiento y aplicación de la información que se presenta. Para los lectores de niveles de licenciatura el libro está enfocado principalmente al conocimiento de la problemática ambiental y su relación con el uso de la energía e impacto ambiental; también se refiere a las medidas correctivas que se pueden llevar a cabo en acciones de diseño y construcción de edificaciones, para coadyuvar a la solución de diversos problemas asociados al medio ambiente construido. Los profesores pueden tener en este libro un apoyo importante para optimizar el proceso de enseñanza-aprendizaje de las temáticas relacionadas con el medio ambiente y el diseño del hábitat del hombre. Los investigadores y lectores de posgrado pueden usar este libro como material de referencia para apoyar y extender sus investigaciones. Los arquitectos, planificadores y constructores pueden utilizar este libro como material de consulta para diseñar y construir edificaciones habitacionales que armonicen con el entorno natural y que ahorren y hagan un uso eficiente de los recursos energéticos existentes, logrando al mismo tiempo condiciones de confort natural integral para sus ocupantes.

METODOLOGÍA

La metodología que se presenta en este libro se halla orientada, en principio, al conocimiento y conscientización del problema ambiental en la ciudad de México y su relación con el hábitat

construido. También hace hincapié en la manera en que el uso y los patrones de consumo de energéticos convencionales y de otros valiosos recursos naturales han provocado un nivel de deterioro ambiental severo, que pone en riesgo la supervivencia del hombre y los ecosistemas, entre otras afectaciones de diversa índole. Una vez que esta problemática se ha comprendido y reflexionado, se establecen las alternativas de solución para desarrollar acciones orientadas a la preservación y mejoramiento del medio ambiente en la ciudad de México, en relación con el hábitat construido. Por otra parte, el lector se

puede dirigir al resumen para obtener información breve y concisa; la cual se presenta al final de cada capítulo y en poco tiempo podrá tener un enfoque de los temas tratados y reafirmar los conocimientos adquiridos.

Asimismo, se busca que el lector consolide y reafirme todos los conocimientos que se presentan en este libro por medio de ejercicios de aplicación que se encuentran al final de cada capítulo. Además, la guía de autoevaluación que complementa estos ejercicios, permite medir el nivel de asimilación de los conocimientos y experiencias adquiridos y su uso es altamente recomendable.

USO DE RECURSOS NATURALES E IMPACTO AMBIENTAL

Análisis de la situación en el ámbito mundial

VIVIMOS EN UN PLANETA cada vez más interdependiente e interconectado en diversos niveles y sectores de las sociedades que lo habitan. Hacer uso de los recursos naturales existentes en la Tierra es, sin duda alguna, una necesidad prioritaria para sus pobladores, y en función de la dependencia para satisfacer diversos requerimientos el nivel e intensidad en el consumo de los energéticos varía significativamente. Los recursos naturales que constituyen las principales fuentes de energía utilizadas por el hombre, sobre todo a partir de la segunda mitad del siglo xx, se han basado principalmente en la explotación intensiva de los combustibles fósiles, tales como el carbón, el petróleo y el gas natural. Es incuestionable que el uso y los patrones de consumo de estos energéticos han provocado un severo daño al medio ambiente.

Es cierto que los principales factores detonadores de esta situación de deterioro del entorno natural pueden atribuirse al crecimiento acelerado de la población y a la intensiva industrialización, que con mayor medida se han presentado en el planeta en la segunda mitad del siglo xx; esto ha provocado una serie de problemas en las comunidades, tanto urbanas como rurales. Deterioro ambiental, excesivo consumo, dispendio y agotamiento de recursos naturales y energéticos, son sólo algunos de estos problemas, que a su vez han ocasionado conflictos sociales que se evidencian en diversos lugares de la Tierra. El daño al medio ambiente del planeta ha sido provocado por acciones antropogénicas y hoy en día es severo y ha alcanzado niveles alarmantes en muchas regiones.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El uso inapropiado de los recursos energéticos en todas sus formas ha sido un patrón común de actitud, que se ha apreciado en la mayoría de las actividades humanas a lo largo de la historia. Esta situación ha provocado un severo daño a los ecosistemas de nuestro hábitat natural, debido a la creciente actividad industrial, principalmente durante los últimos 40 años. Gran parte del daño provocado en el entorno natural ha surgido a partir de acciones antropogénicas en el denominado *medio ambiente construido*, en comunidades, tanto urbanas como rurales, donde el hombre vive, trabaja, estudia y realiza actividades sociales y de esparcimiento, entre otras. Ciertamente, múltiples acciones predatorias del hombre se pueden apreciar en todas partes y en todos los sectores y niveles, ya sea por indolencia, ignorancia o inconsciencia, o por todas las posibles combinaciones de éstas. La manera en que el hombre ha hecho uso de los valiosos recursos energéticos y naturales existentes, principalmente de los así llamados combustibles fósiles (carbón, hidrocarburos y gas natural), al igual que del agua, ha provocado en el planeta un deterioro ambiental de magnitudes alarmantes. Esto se manifiesta en fenómenos como el cambio climático, debido al calentamiento o intensificación del efecto invernadero, de proporciones globales, producto de diversas actividades humanas; el adelgazamiento y desaparición de la capa de ozono; la deforestación y destrucción de selvas y bosques; la formación de lluvia ácida y la contaminación resultante en la biosfera, atmósfera e hidrosfera.

Al inicio del siglo xx, ni la cantidad de seres humanos que habitaban el planeta Tierra ni su tecnología resultante tenían el poder de alterar significativamente los ecosistemas globales. Hoy en día, iniciado ya el nuevo milenio, el número de habitantes en el planeta, que se caracteriza por un patrón exponencial o logarítmico de crecimiento acelerado, tiene el poder y la capacidad tecnológica para alterar severamente, en muchos casos de manera irreversible, los ecosistemas del entorno natural.

Las comunidades en ciudades, tanto urbanas como rurales, son el resultado de la búsqueda incesante del hombre por encontrar un sitio donde desarrollar sus múltiples actividades de manera apropiada y convivir armónicamente con sus semejantes. Es precisamente en la realización de las actividades inherentes al desarrollo del hombre en áreas urbanas y rurales, que éste ha incurrido en una serie de equivocaciones acerca de los principios que deben regir su relación con la naturaleza. Ahora, las consecuencias de estas conductas se revierten de manera dramática y dolorosa en muchas regiones del planeta.

Por lo tanto, es necesario modificar esta situación y aplicar medidas correctivas orientadas hacia un desarrollo sustentable integral en edificios y comunidades que permita al hombre, mediante un cambio trascendental, evolutivo y permanente de actitudes, basadas en acciones apropiadas para el aprovechamiento y la aplicación práctica de los recursos naturales renovables de energía, alcanzar una auténtica calidad de vida y coadyuvar a mejorar y preservar el medio ambiente.

En realidad, el problema ambiental ha alcanzado proporciones que van más allá de fronteras territoriales y se identifica claramente como una situación con afectaciones globales. Es urgente plantear estrategias que se orienten a la identificación y corrección de las verdaderas causas que han provocado esta problemática y establecer y estructurar las acciones necesarias para lograr una solución integral. Estas acciones deben tener un enfoque ecológico y aplicarse de manera consciente y consistente, con carácter de sustentabilidad. Este trabajo plantea las medidas prácticas y efectivas que pueden aplicarse en el diseño y construcción

del hábitat comunitario del hombre y tienen como objetivo principal el mejoramiento de la calidad de vida y la preservación del equilibrio natural de los ecosistemas en el planeta, en un contexto de permanente evolución.

ANTECEDENTES HISTÓRICOS.
USO DE LA ENERGÍA A LO LARGO
DEL TIEMPO Y SU INFLUENCIA
EN EL MEDIO AMBIENTE NATURAL

Desde que el planeta Tierra se formó, hace aproximadamente 4 600 millones de años, ha habido una interminable serie de afectaciones que han modificado constante y drásticamente su morfología y las características de sus ecosistemas. Antes de la aparición del hombre, los fenómenos naturales fueron los que provocaron los principales cambios en el planeta. Con el descubrimiento de las diversas fuentes de energía, empezando por el fuego, el hombre inicia su relación directa con éstas, en la búsqueda por satisfacer diversas necesidades, y con el transcurrir del tiempo su dependencia se incrementa significativamente.

Es cierto que, después de los alimentos, el fuego fue la primera fuente de energía que el hombre aprendió a manejar. Existen indicios de que antepasados remotos del hombre, los primeros homínidos, emplearon el fuego para cocinar y calentarse, hace algo más de cuatro millones de años. Las investigaciones más recientes indican que estos primeros antepasados del hombre vivieron en un clima cálido, benigno, probablemente en África. Se han encontrado evidencias de éstos en Kenya (2 millones de años, Lago Turkana, 1984) y Tanzania (3.7 millones de años, Laetoli, 1976); más recientemente en Etiopía (noviembre de 1997), científicos de ese lugar y de otras nacionalidades hallaron restos humanos de hace 4.4 millones de años, que podrían corresponder al antepasado más remoto del ser humano encontrado hasta ahora, a la época en que los primates comenzaron a caminar erguidos. Al principio, los antepasados remotos del hombre sólo utilizaban el fuego cuando lo encontraban en la naturaleza, proveniente, por ejemplo, de una tormenta eléctrica. Con el uso del fuego vino

el calor, y con el calor los humanos pudieron viajar y extenderse hacia diversas regiones climáticas más severas y subsistir, como es el caso de los climas más fríos de Europa. Gradualmente, el hombre aprendió cómo hacer y controlar el fuego, lo que consiguió hace aproximadamente 500 000 años. Por otra parte, lo que hoy conocemos como civilización ha tenido lugar dentro de un periodo de aproximadamente 10 000 años.

Durante las épocas remotas del hombre primitivo, el consumo de energía para satisfacer todas sus necesidades era equivalente en promedio a 2 000 kilocalorías por persona al día (igual a 8 374 Joules, ya que 1 caloría = 4.187 Joules) (Miller, 1980). Las sociedades cazadoras recolectoras consumían alrededor de 20 935 Joules/persona/día. Las primeras sociedades agrícolas sedentarias incrementaron su consumo a un promedio de 50 244 Joules/persona/día, cantidad que se aumentó significativamente al evolucionar los procesos agrícolas hasta alcanzar 83 740 Joules/persona/día, de consumo promedio. A mediados del siglo XVIII, con el advenimiento de la Revolución Industrial, el incremento en el consumo de energía tuvo un explosivo crecimiento, del orden de 251 220 Joules/persona/día (figura II.1).

Ciertamente, a partir de este fenómeno de múltiples aristas, el uso de las fuentes naturales de energía (tales como la leña, el viento, las caídas

de agua y la energía muscular metabólica, entre otras) que hasta entonces predominaba para satisfacer los diversos requerimientos del hombre, comenzó a ser reemplazada por las "nuevas" fuentes, como el carbón, cuyo consumo alcanzó los niveles más altos durante la década de 1920, y empezó a disminuir rápidamente a medida que enormes yacimientos de petróleo, y posteriormente de gas, empezaron a descubrirse y explotarse en el mundo. Durante la década de los cincuenta surgió como una alternativa la energía nuclear, cuyo uso hoy en día ha resultado ser demasiado peligroso para tomarse en cuenta.

En relación con la seguridad en el manejo de los materiales altamente radiactivos que se utilizan en las plantas nucleares, no es ético pasar a las futuras generaciones un problema irresoluble.

En la actualidad, en el umbral de un siglo y milenio, en una era caracterizada por enormes desigualdades en la distribución de la riqueza, y por una acelerada e intensiva industrialización, basada en una explotación irracional de combustibles fósiles, el hombre "tecnológico-cibernético" de países altamente desarrollados, para satisfacer todas sus necesidades energéticas consume en promedio más de 1 000 000 de Joules/persona/día. Esto significa que el consumo de energía se ha incrementado exponencialmente hasta alcanzar valores 125 veces mayores que

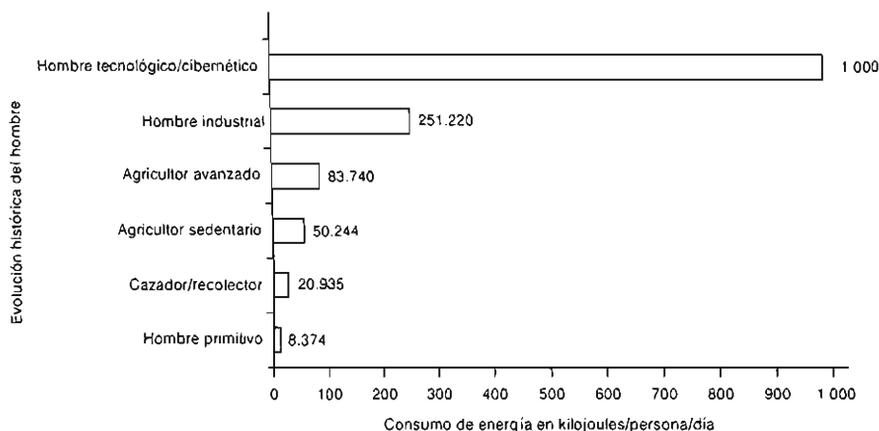


Figura II.1. Consumo histórico de energía, en kilojoules/persona/día (Miller, 1980; wec, 1993)

los utilizados durante las primeras manifestaciones del hombre en el planeta.

Por otra parte, el consumo de energía también ha variado significativamente en relación con el tipo de actividad. En un principio, el total de la energía que el hombre primitivo consumía era para satisfacer básicamente necesidades de alimentación. En la actualidad, en promedio, casi 30% de la energía que el hombre contemporáneo consume mundialmente es para transportarse, 40% para realizar actividades industriales y agrícolas, 25% en actividades domésticas y de servicios, y tan sólo el 5% restante para satisfacer requerimientos de alimentación. Esto implica que la mayor parte del total de la energía que los primeros pobladores del planeta consumían era para satisfacer necesidades de alimentación. En contraste, el hombre actual, en promedio, sólo consume 5% del total de la energía para resolver estos requerimientos.

Es evidente que la mayoría de las actividades humanas a lo largo de la historia se han caracterizado por una utilización inadecuada de la energía en todas sus formas, lo cual ha provocado diversos problemas en los ecosistemas de nuestro medio ambiente. El daño al entorno natural por acciones antropogénicas se inició en realidad a partir de la Revolución Industrial del siglo XVIII, cuando comenzó la explotación intensiva y quema del carbón (energético, que fue la base para el impulso de la Revolución Industrial). Con el surgimiento de este fenómeno, de múltiples aristas, el uso de las fuentes naturales renovables de energía comenzó a ser ignorado, reduciéndose significativamente su aportación en el consumo energético global.

El ostensible deterioro en el planeta, que se refleja en un grave daño de los ecosistemas y en los cambios drásticos sufridos en la biosfera, atmósfera e hidrosfera, ha sido, sin duda alguna, el resultado de dos siglos de un proceso de industrialización, basado en la explotación intensiva e irracional de combustibles fósiles altamente contaminantes, tales como el carbón, el petróleo y el gas, entre otros. Además, esta situación se ha agravado severamente a partir de la segunda mitad del siglo XX, por una explosión demográfica sin precedentes en el planeta.

El deterioro ambiental del planeta se manifiesta en fenómenos tales como el calentamiento global o intensificación del "efecto invernadero", el cual ha dado lugar a un cambio y distorsión de los patrones naturales del clima; la reducción y destrucción de la capa protectora de ozono en la estratosfera; la creciente deforestación y la destrucción de las selvas tropicales (los pulmones naturales del planeta); la producción de lluvia ácida, que afecta tanto al patrimonio histórico de la humanidad como a los seres vivos; la formación de smog fotoquímico; la contaminación en océanos, ríos, lagos; la contaminación debida a desechos sólidos (basura y desperdicios de todo tipo); la contaminación lumínica y la contaminación intramuros en edificaciones, etcétera.

Por lo que respecta al medio ambiente construido por el hombre, también ha sido evidente, sobre todo a partir de la Revolución Industrial, el uso inadecuado e irracional de los combustibles fósiles, situación que ha provocado diversos problemas en el medio ambiente. En efecto, una gran parte del deterioro ambiental provocado en la Tierra es el resultado de acciones humanas depredadoras en la industria, el transporte, los comercios y servicios, así como en los edificios en los que el hombre habita, trabaja y se recrea. Esta situación ha sido provocada, principalmente, por la excesiva e inadecuada utilización de los energéticos fósiles convencionales, tales como carbón, petróleo y gas natural en los edificios.

En la actualidad, cerca de 50% de la energía comercial del planeta se consume en los diversos géneros de edificios, tanto en comunidades urbanas como rurales (figura II.2). Por lo tanto, es necesario y urgente llevar a cabo acciones orientadas a hacer un uso más sensato de la energía en las edificaciones del medio ambiente construido y a integrar armónicamente dichas acciones con el entorno natural, con un carácter sustentable, es decir, de forma tal que se satisfagan las necesidades presentes del hombre, sin poner en riesgo la posibilidad de que a su vez las futuras generaciones satisfagan las propias, teniendo como objetivo primordial la consecución del equilibrio de los diversos ecosistemas que forman parte integral de nuestro hábitat natural.



Figura II.2. Consumo global de energía (wec, 1999)

DESARROLLO DE CIUDADES. ANÁLISIS DE SU CRECIMIENTO Y EFECTOS

La manera en que se usa la energía ha desempeñado un papel crucial en el desarrollo de las diversas sociedades existentes en nuestro planeta. Las ciudades, tanto en el nivel urbano como rural, han surgido como una respuesta a las múltiples necesidades de la sociedad. Es precisamente en las ciudades donde se han definido los ejes de desarrollo social y económico de un país. Los cambios en el uso de la energía han influido históricamente en el perfil de una nación. Por ejemplo, las condiciones para lograr un cambio significativo, y pasar de una producción manual, casi artesanal, a una industrial, fueron observadas por vez primera en Gran Bretaña en 1765 por el ingeniero escocés James Watt. Con su invención de la máquina de vapor, que utilizaba carbón como principal fuente de energía, estableció un cambio radical en diversos sectores de la sociedad. En aquel momento, hace más de 200 años, la población mundial era de casi 1 000 millones. Algunos de los cambios más significativos en las actividades humanas se llevaron a cabo en el sector de la agricultura, donde la industrialización empezó a reemplazar la mano de obra. Fue en las grandes ciudades europeas de esa época donde se desarrollaron las primeras actividades fabriles, y al emigrar hacia ellas enormes grupos de personas de las comunidades rurales, las condiciones de habitabilidad y la infraestructura misma de las ciuda-

des resultaron insuficientes. Las consecuencias fueron pagadas por los nuevos pobladores de estas urbes y por la naturaleza, que desde ese momento empezó a recibir los embates de una contaminación galopante en todos niveles, suscitando múltiples cambios en nuestro hábitat natural, ocasionados por las diversas actividades antropogénicas, basadas principalmente en un consumo irracional de combustibles fósiles y una depredación intensiva en todo el planeta.

Con el incremento masivo de la producción en fábricas, minas y otras industrias, se requirieron nuevas formas de transportación. Los primeros barcos de vapor surgen durante los inicios del siglo XIX, y 30 años después el ferrocarril de vapor. Esto significa que en menos de 100 años (de 1760 a 1830), la producción y la distribución de productos comerciales cambió radicalmente. A finales del siglo XIX apareció el automóvil de combustión interna y rápidamente su producción en serie se esparció por todo el mundo. De esta manera, los modos de transportación se modificaron totalmente. El ferrocarril permitió extender la "civilización" y muchas nuevas ciudades se formaron con base en estos servicios, reemplazando las áreas verdes y naturales. El uso del automóvil demandó la construcción de grandes áreas de caminos y carreteras pavimentados, con el consecuente deterioro ambiental.

Los cambios fueron presentándose gradualmente hasta principios del siglo XX, cuando ni la población de aquel entonces (1 700 millones de habitantes) ni la tecnología, tenían el poder de

alterar radicalmente los ecosistemas del planeta. La población crecía a un ritmo tal que le era posible al entorno natural restaurarse con regularidad. Las ciudades empezaron a crecer y a evidenciar múltiples problemas. Antes de 1850 no había una evidencia real de una sociedad o comunidad totalmente urbana. Por ejemplo, en 1850, Nueva York tenía 500 000 habitantes, Chicago 30 000 y Los Ángeles 8 000. Sin embargo, 50 años más tarde, es decir, después de la Segunda Guerra Mundial, estas ciudades crecieron hasta alcanzar 3.5 millones, 1.7 millones y 100 000 habitantes, respectivamente. Esto indica claramente un crecimiento exponencial de la población en el planeta, caracterizado por una intensa actividad industrial. A partir de la segunda mitad del siglo xx, la presencia de fábricas con chimeneas humeantes empezó a proliferar en el mundo y hasta resulta paradójico que en muchos casos fueron asociadas a un signo de "progreso" y "desarrollo". Desde entonces la tecnología, basada en el uso y la explotación irracional de los combustibles fósiles, empezó a dedicarse predominantemente a la producción masiva de productos, bienes y servicios, ignorando la importancia de preservar el equilibrio de los ecosistemas en el entorno natural. En la actualidad es evidente y se puede constatar que el incremento logarítmico de la población, asociado al impresionante crecimiento de la industrialización, así como a la urbanización y el poderío tecnológico, han sido los factores detonantes del severo deterioro ambiental que sufre el planeta.

Estudios de la Organización de las Naciones

Unidas (UN, 1995) indican que el mundo se encuentra en un proceso de transición urbana, como en ningún otro momento. A diferencia de lo que ocurría hace 30 años, cuando sólo una tercera parte de la población era considerada urbana, dentro de la próxima década más de la mitad de la población, estimada en 3 300 millones de personas, habitará en áreas urbanas, y para el año 2025, las personas que habitarán áreas urbanas serán las dos terceras partes de la población mundial (figura II.3). Los cambios más rápidos están ocurriendo en los países en vías de desarrollo, donde la población urbana está creciendo a una tasa anual de 3.5%, a diferencia de menos de 1% en regiones desarrolladas. Las ciudades también están alcanzando proporciones exorbitantes, como es el caso del área metropolitana de Tokio, con 27 millones de habitantes; el área metropolitana de la ciudad de México, 23 millones; São Paulo, 16.4 millones; Bombay, 15 millones, etc. Este acelerado crecimiento demográfico está ejerciendo enormes presiones sobre los recursos naturales y los sectores institucionales que los soportan, y provoca múltiples problemas y conflictos en la sociedad y un ostensible deterioro en nuestro hábitat natural.

Es evidente que con los beneficios de la urbanización también se han presentado efectos económicos y ambientales. De estos últimos podemos señalar la falta de acceso al agua potable, los problemas de contaminación, la falta de seguridad, etc. Hoy en día, más de 1 100 millones de personas viven en áreas urbanas donde la contaminación del aire excede los límites saludables.

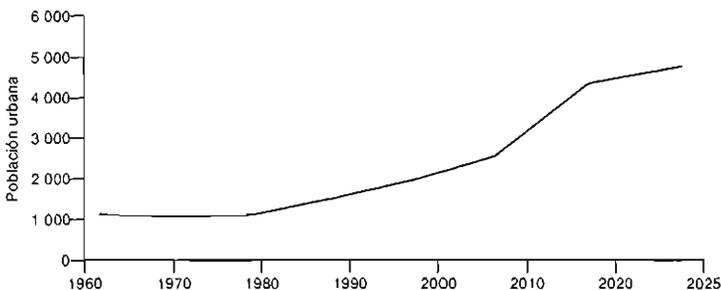


Figura II.3. Crecimiento de la población urbana, en miles de millones (ONU, 1995)

La mayoría de las ciudades, localizadas en países en vías de desarrollo, incluyendo México, se caracterizan por albergar enormes grupos de población que viven en condiciones deplorables en áreas conurbadas, que en su mayoría han emigrado de áreas rurales en búsqueda de oportunidades de trabajo y mejores condiciones de vida. Sin embargo, estos grupos están totalmente marginados de los beneficios del crecimiento económico y viven, o mejor dicho sobreviven, hacinados en enormes asentamientos irregulares en la periferia de las grandes urbes, donde están expuestos a múltiples riesgos de salud, que resultan de las actividades de la productividad industrial masiva y el crecimiento económico, tales como la emisión de partículas contaminantes, provenientes de fuentes fijas y móviles. En estas áreas urbanas marginadas también se presentan riesgos asociados a las condiciones de pobreza extrema en que viven sus pobladores, y el deterioro del entorno natural es una de las consecuencias que la caracterizan y que ha alcanzado niveles alarmantes en diversas partes del planeta, que en algunos casos se manifiesta en situaciones irreversibles.

Sin embargo, hay evidencias históricas de comunidades que se han desarrollado bajo conceptos de respeto y armonía con el medio ambiente para ofrecer una respuesta favorable y ejemplar. Tal es el caso de las ciudades antiguas del periodo clásico en Grecia, algunas más durante el Imperio Romano; al igual que otras que también alcanzaron un desarrollo notable en diversos campos del conocimiento, como las culturas precolombinas en América Central y del Norte. Las construcciones en estas comunidades se caracterizaron por ofrecer una respuesta favorable a las exigencias del entorno natural circundante y se basaron en el establecimiento de una correlación armónica con las condiciones climáticas y los patrones sociales y culturales locales. Algunos de los principios de estas comunidades se caracterizaron por su enfoque sensitivo al clima y los factores del entorno natural, propuestos para responder apropiadamente a los cambios diurnos y estacionales del medio ambiente. El objetivo era lograr bienestar, confort y salud de los ocupantes, de manera tal que se llevara a cabo

una interacción versátil y dinámica entre las edificaciones y su entorno circundante. Surge de esta manera una actividad constructiva muy particular de las comunidades, es decir, una arquitectura tradicional que va evolucionando gradualmente por medio de la transferencia de conocimientos y experiencias que pasan de generación en generación y que desafortunadamente hoy en día parecen haber sido olvidados o ignorados. Todavía se pueden apreciar en el mundo ejemplos de estas comunidades, y sobre todo, retomarse en su conceptualización para aplicarse en las comunidades existentes y futuras, combinando estas experiencias ejemplares del pasado con los avances logrados en la ciencia y tecnología de punta, disponibles para el hombre, y potencialmente aplicables, de acuerdo con su viabilidad técnica y económica.

Por lo tanto, es muy importante que, tanto en países desarrollados como en los que se encuentran en vías de desarrollo, se corrijan las tendencias actuales de la intensa migración poblacional y del crecimiento desordenado, al igual que el consumo irracional e irresponsable de los recursos naturales, y la degradación y el daño ambiental que los actuales patrones de consumo energético y de recursos provocan. Esto significa reconciliar el acelerado proceso de industrialización y producción y el crecimiento económico, con la protección y conservación del medio ambiente. Lo anterior se puede lograr por medio de acciones orientadas al ahorro y uso eficiente de energía, al aprovechamiento y la utilización de las fuentes alternativas de energía, así como con medidas para minimizar las presiones en los recursos naturales y el entorno circundante.

Por otra parte, las comunidades rurales, particularmente aquellas localizadas en sitios remotos o dispersos, así como los asentamientos en zonas urbanas marginales, merecen y deberían recibir mayor atención mediante programas que contribuyan a resolver sus verdaderos problemas, con lo cual se prevendría la migración de grandes grupos de personas a los centros urbanos en búsqueda de "mejores condiciones de vida", lo cual es casi siempre una ilusión frustrante. Proporcionar a los habitantes de áreas rurales y semiurbanas los medios para arraigarse

en sus lugares de origen, con todos los servicios y atención necesarios, puede contribuir a alcanzar una auténtica buena calidad de vida. El aprovechamiento y utilización de los recursos energéticos naturales renovables en áreas rurales y semiurbanas marginadas, con un carácter de sustentabilidad, y considerando que en éstas el nivel de aplicación, por manejarse a una escala menor, es más controlable y apropiado que en las megalópolis, resulta una alternativa muy promisoriosa y debería considerarse en los programas de planificación tanto en comunidades existentes como en las que están en proyecto de realización.

PATRONES DE CONSUMO ENERGÉTICO
Y SU RELACIÓN CON EL CRECIMIENTO
POBLACIONAL Y EL IMPACTO AMBIENTAL
EN LAS CIUDADES

En contraste con las experiencias exitosas del pasado relacionadas con la integración del hábitat construido del hombre con el entorno natural, la mayoría de las edificaciones, sobre todo en las grandes urbes contemporáneas, ignoran la importancia de una relación armónica y simbiótica con el medio ambiente. Más bien se caracterizan por incorporar estilos arquitectónicos y materiales que no toman en cuenta las condiciones del clima local, y que consumen y desperdician enormes cantidades de energía y recursos naturales para satisfacer las demandas de calefacción, enfriamiento, iluminación, calentamiento de agua y cocción de alimentos de sus ocupantes. Por lo tanto, este tipo de edificaciones consumen grandes cantidades de energía, que provienen principalmente de combustibles fósiles, altamente contaminantes. Además, estas construcciones son totalmente dependientes de equipos electromecánicos para controlar el ambiente intramuros, lo que en consecuencia repercute negativamente en el entorno natural.

De acuerdo con estadísticas recientes, casi 50% de la energía comercialmente disponible en el mundo se consume en los edificios que se localizan en comunidades, tanto urbanas como rurales. Con el exorbitante crecimiento poblacional y el surgimiento de enormes conglomerados hu-

manos fuera de toda escala humana controlable que en la actualidad se manifiesta en múltiples casos de ciudades en el mundo, el consumo irracional de los recursos energéticos se intensifica de manera significativa, y en consecuencia, el impacto y deterioro en el medio ambiente son aún más severos. Esta situación afecta no sólo al hombre mismo, sino a todos los ecosistemas existentes en nuestro planeta.

USO DE LA ENERGÍA Y SUS EFECTOS
EN EL MEDIO AMBIENTE.
CONTAMINACIÓN AMBIENTAL:
CAUSAS Y EFECTOS.
SITUACIÓN ACTUAL
Y PERSPECTIVAS

Como se ha mencionado con anterioridad, con el surgimiento de la industrialización a mediados del siglo XVIII el carbón empezó a ser usado como la principal fuente de energía. El desarrollo de la Revolución Industrial se basó en la explotación y consumo de este energético. A finales del siglo XIX la mayoría de los países industrializados de Occidente dependían en gran medida del uso del carbón. El uso de este energético como fuente de energía primaria alcanzó sus picos máximos en la década de 1920, y disminuyó rápidamente a medida que el petróleo, cada vez más barato, llegó de países del Medio Oriente. Durante los cincuenta y los sesenta el consumo de energía en el mundo se incrementó considerablemente. Según estudios del World Energy Council (1993) y el World Resources Institute (1992), la producción mundial de energía ha crecido 52% en las últimas dos décadas.

El intenso consumo de energía actual, la explotación de los valiosos recursos naturales del planeta y la creciente y acelerada producción de basura y desperdicio han alcanzado niveles que exceden la capacidad natural de recuperación de los ecosistemas de nuestro hábitat natural.

Por lo tanto, los patrones de uso de la energía y los recursos se han convertido en un factor crucial para corregir diversas actitudes humanas depredadoras.

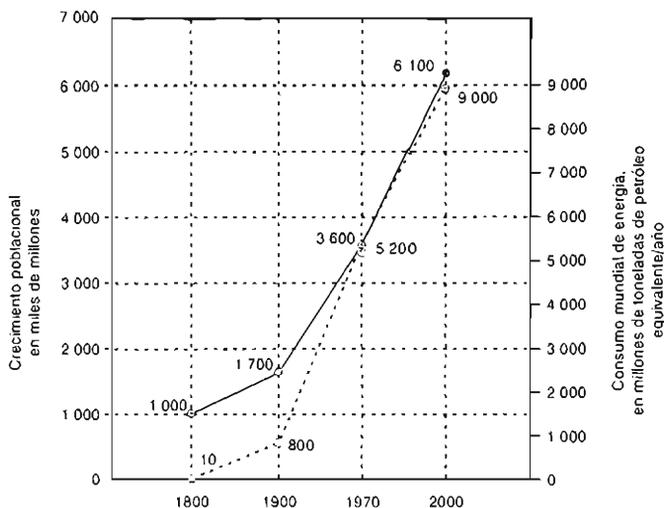


Figura II.4. Crecimiento poblacional vs consumo de energía en el mundo (WRI, 1998)

Ciertamente los recursos naturales del planeta están disminuyendo a gran velocidad, mientras que, al mismo tiempo, la población sigue creciendo a un ritmo exponencial. La relación entre crecimiento de la población y consumo de energía es dramática. En 1800, cuando vivían en la Tierra casi 1 000 millones de personas, se ha estimado que el consumo de energía era de 10 millones de toneladas de petróleo equivalente al año (tpe/a) (1 millón de toneladas de petróleo equivalente generan 4 000 kilowatt-horas de electricidad). Cien años más tarde, en 1900, la población del planeta ya había crecido hasta alcanzar 1 700 millones de habitantes, con un consumo de energía de 800 millones de tpe/a. En 1970 la población mundial llegó a 3 600 millones de habitantes, con un consumo de energía de 5 200 millones de tpe/a.

En el año 2000 la población mundial ha rebasado los 6 000 millones de habitantes, con un consumo de energía de aproximadamente 9 000 millones de tpe/a (figura II.4). Del total de la producción de energía en el planeta, 90% proviene de combustibles fósiles (tales como carbón, petróleo y gas natural) (World Resources Institute, 1999), que, a su vez, son los principales res-

ponsables del severo daño ambiental provocado en nuestro hábitat natural (figura II.5).

Por otra parte, científicos de diversos países han estado buscando por varias décadas evidencias de que un cambio climático se está manifestando en el planeta como resultado de actividades antropogénicas. El Programa Ambiental de las Naciones Unidas (UNEP) y la Organización Meteorológica Mundial (WMO) establecieron en 1988 el Panel Intergubernamental para Estudio del Cambio Climático (IPCC), para encontrar y evaluar información científica y conocer la situación del dicho cambio, además de datos relevantes para la formulación de políticas en el ámbito nacional e internacional. Como parte de estas acciones, más de 2 000 científicos de todo el mundo participaron en el Segundo Informe de Evaluación del IPCC (IPCC, 1996). Este informe concluyó que *hay una influencia humana perceptible en el clima del planeta*. En otras palabras, el uso intensivo de los combustibles fósiles está cambiando la composición de la Tierra, y este cambio está ejerciendo ahora un efecto de calentamiento en el clima global, alterando drásticamente sus patrones normales, con los consecuentes efectos negativos asociados que esta situación está pro-

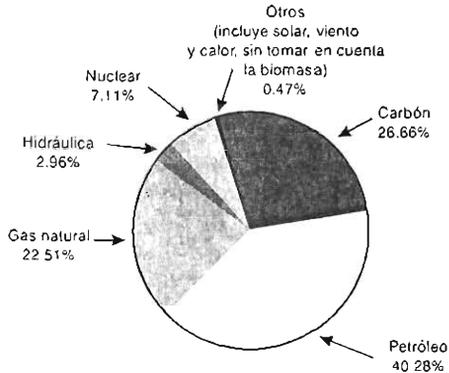


Figura II.5. Consumo mundial de energía por fuente para 1998 (British Petroleum, 1998)

vocando. Por lo tanto, es evidente que la emisión de gases de invernadero, principalmente por actividades humanas, como las relacionadas con la producción e industrialización, provoca la emisión de grandes cantidades de bióxido de carbono (CO_2) (se ha estimado que éste es el principal responsable de la intensificación del efecto invernadero y del calentamiento global, en 70%), metano, óxidos de nitrógeno, ozono, clorofluorocarbonos (CFC), carbonos perfluorados, y muchos otros contaminantes. Así, esos países han desempeñado un papel significativo en el calentamiento global, el cambio climático y el deterioro ambiental del planeta (figura II.6).

Las emisiones a partir de la combustión del carbón, petróleo y gas natural, así como de la deforestación y el cultivo de tierras, han incrementado la concentración natural de CO_2 en casi 30%

en los últimos 200 años (IPCC, 1996) (figura II.7). La concentración atmosférica de este gas está aumentando actualmente a una tasa de 0.5% al año, principalmente por la quema de combustibles fósiles y las actividades agrícolas, que provocan una emisión anual de aproximadamente 7 GtC (gigatoneladas de carbón. 1 GtC es igual a 1 000 millones de toneladas métricas de carbón), lo cual equivale a una emisión promedio de 1.2 toneladas de CO_2 por persona al año. Datos del WEC (1997) indican que la proporción de emisiones de CO_2 por tipo de combustible fósil es de aproximadamente 2.6 GtC provenientes de la quema del carbón, 2.9 GtC de la quema del petróleo y 1.5 GtC de la quema del gas natural (figura II.8). De acuerdo con el World Energy Council (WEC, 1997), la emisión de CO_2 se incrementó 6.4% entre 1990 y 1996, y 2.7% sólo durante 1996. Es evidente que la emisión de gases

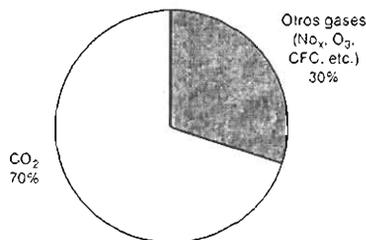


Figura II.6. Contaminantes que provocan el calentamiento global, el cambio climático y el deterioro ambiental en el planeta (WRI, 1998)

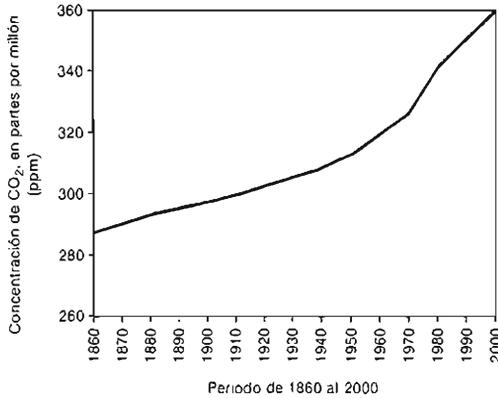


Figura II.7. Concentraciones atmosféricas de CO₂ de 1860 al 2000, en partes por millón (ppm/v) (IPCC, 1996)

de invernadero ha provocado un incremento considerable en la temperatura del aire en el planeta. Diversos estudios (WRI, 1992; IPCC, 1996) confirman que, en efecto, la temperatura del aire en el planeta se ha elevado entre 0.3 y 0.6°C desde finales del siglo pasado. Es decir, la temperatura de bulbo seco del aire se ha incrementado, en promedio, 0.5°C en los últimos 100 años. Esto indica claramente un cambio climático global, con todas sus consecuencias implícitas. Además, 1998 ha sido el año más caluroso desde que se llevan registros de las temperaturas en la Tierra. Los 10 años más

calurosos que se han registrado desde 1880 han tenido lugar en los últimos 15 años. Esta velocidad en el calentamiento, mucho mayor que cualquier otra en los últimos 10 000 años, ha provocado que el planeta se encuentre en peligro de sufrir diversas dislocaciones potenciales. Además, a causa del calentamiento global, existen evidencias de una intensa fusión glaciaria en regiones cercanas a los polos, y como resultado de esto el nivel del mar ha aumentado, en promedio, de 10 a 25 cm en los últimos 100 años (cuadro II.1).

Para realizar simulaciones y predicciones

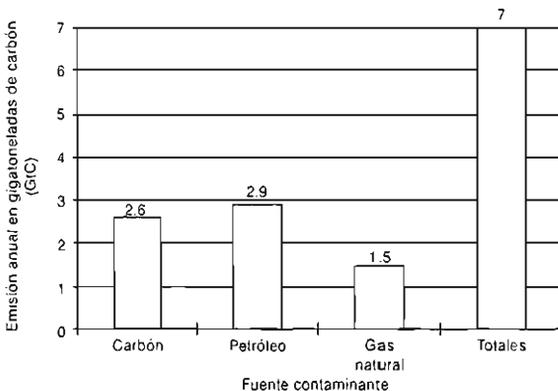


Figura II.8. Emisiones globales de carbono, por combustible fósil, en gigatoneladas de carbono (WEC, 1997)

CUADRO II.1. Resumen de acontecimientos relevantes relacionados con el calentamiento global

- El incremento de temperatura de bulbo seco en los últimos años ha sido de 0.3 a 0.6°C (aproximadamente 0.5°C).
- Los años más calurosos desde que se llevan registros: 1995, 1997 y 1998 (el más caluroso).
- Los diez años más calurosos han ocurrido en los últimos 15 años.
- La velocidad de calentamiento mayor que cualquier otra ha ocurrido en los últimos 10 000 años.
- La fusión glaciaria en los polos ha provocado que el nivel del mar haya aumentado en promedio de 10 a 25 cm en los últimos 100 años.
- 1998 ha sido el año más caluroso registrado en la historia del planeta

cuantitativas y cualitativas, de cómo estos complejos cambios pueden ocurrir en el corto, mediano y largo plazo, se han desarrollado modelos climáticos computacionales que integran toda la información y conocimiento posibles acerca de cómo trabajan y se interrelacionan los sistemas terrestres y sus componentes. Los primeros modelos climáticos computacionales fueron desarrollados durante los años sesenta. A medida que el conocimiento científico ha avanzado y la tecnología computacional se ha hecho más poderosa, los modelos de predicción de comportamiento climático han mejorado considerablemente. Los nuevos modelos pueden predecir y simular de una manera más realista los efectos y cambios climáticos ocasionados por el incremento en la concentración de CO₂ y otros contaminantes en la atmósfera.

Estos modelos también pueden considerar otras influencias antropogénicas en la composición atmosférica, incluyendo sulfatos, aerosoles, al igual que otros gases que intensifican el efecto invernadero y los cambios que se producen en los suelos, como la deforestación. Los nuevos modelos incluyen también un efecto muy importante en el comportamiento y cambio global del clima: el efecto de la capacidad térmica de los océanos y cuerpos de agua para actuar como

“sumideros de calor” y de esta manera retrasar la velocidad del escenario del cambio climático global. En la aplicación de los modelos de predicción climática es más conveniente tomar en cuenta todos los factores relacionados, tanto los existentes como los potenciales, en vez de sacar conclusiones o hacer comparaciones basadas en el cambio estimado de un solo factor (como por ejemplo, considerar sólo el efecto de los gases de invernadero). A partir del desarrollo de los modelos de predicción de cambio climático recientes se ha podido inferir que habrá un incremento en la intensidad y frecuencia de diversas perturbaciones meteorológicas, como inundaciones, sequías, ondas de calor y cambios bruscos en la frecuencia de ocurrencia de condiciones climáticas extremas, entre otros. Estas alteraciones drásticas se deben principalmente al incremento en la emisión de gases de invernadero. Este comportamiento en los patrones del cambio climático fue particularmente evidente en todo el planeta durante 1997 y 1998.

A partir del análisis de la información presentada anteriormente en este trabajo se puede inferir que, en primer lugar, las influencias naturales y humanas pueden causar un cambio climático, y en segundo lugar, que la emisión de gases de invernadero ejerce una clara influencia de *calentamiento*, mientras que la emisión de aerosoles de sulfatos, de *enfriamiento*. Durante la mayor parte del siglo xx ha ocurrido un calentamiento mayor en el hemisferio sur que en el hemisferio norte, por la influencia de enfriamiento de una mayor cantidad de aerosoles en el hemisferio norte. En la última parte de este siglo ha ocurrido un calentamiento más equilibrado en los hemisferios y se espera que esta situación continúe en el próximo siglo. Este patrón geográfico de comportamiento del clima puede atribuirse de una manera muy clara a la localización específica de las actividades humanas.

Existe también un patrón de comportamiento vertical, a causa del agotamiento de la capa de ozono en la estratosfera (que se encuentra de 20 a 40 km de altura) y al incremento de los gases de invernadero, en el cual se observa que está ocurriendo un efecto de enfriamiento, en contraste con el efecto de calentamiento en la tropos-

fera (la región más baja de la atmósfera, que va desde 0 a 16 km de altura, aproximadamente y que se caracteriza por una disminución de la temperatura con el incremento de la altitud). La biosfera, que es la delgada membrana exterior que envuelve a la Tierra y sus capas internas inmediatas, donde se encuentran todos los sistemas vivos del planeta, se localiza dentro de la troposfera. Los patrones antes mencionados son diferentes de los que se podrían esperar de la variación natural de los diversos elementos del clima, tales como la radiación solar, las erupciones volcánicas, los procesos de digestión anaeróbica de la materia orgánica por medio de las bacterias del suelo, las alteraciones debidas a la erosión del viento y de la lluvia, etcétera.

Respecto a la emisión de gases de invernadero en países desarrollados y en vías de desarrollo existe una diferencia significativa. Según el pronóstico de las políticas climáticas (IPCC, 1996), los países desarrollados reducirán, para el año 2010, sus consumos de energía relacionados con la emisión de CO₂ en 15% por debajo de los niveles de 1990, de acuerdo con las metas propuestas por la Unión Europea. Para los países en vías de desarrollo se ha propuesto alcanzar para el año 2010 una reducción en las emisiones, 10% por debajo de los niveles de 1990. Actualmente, las emisiones de CO₂ son de 1.2 toneladas/persona/año. El 25% del total de estas emisiones es producido por 5% de la población mundial (IPCC, 1996) (figura II.9).

Al ritmo actual de crecimiento, equivalente a 0.5% anual, las emisiones de CO₂ en los países desarrollados se incrementarán en casi 12% durante el periodo de 1998 al año 2020 (IPCC, 1996). Esta tasa de crecimiento provocará que las emisiones de CO₂ aumenten de los valores actuales en 1999, de 7 GtC a casi 8 GtC, para el año 2020 (IPCC, 1996). Información reciente, proveniente de la Reunión de Kyoto (WRI, 1997), realizada en diciembre de 1997, indica que, desde 1990, diversos países en vías de desarrollo han desarrollado reformas y medidas estratégicas, tales como aumentos más realistas en los precios de los energéticos y reducción de subsidios (los cuales son una carga muy pesada y un fuerte obstáculo para alcanzar ahorro y eficiencia energética), y han

logrado una mejoría considerable en su eficiencia energética y frenado el crecimiento de las emisiones de CO₂.

Por ejemplo, en China, con una población de 1 200 millones de habitantes, de 1995 a 1996, el total de los subsidios a los energéticos, provenientes de los combustibles fósiles, fue de menos de la mitad de los otorgados de 1990 a 1991. Se informó de una situación similar en el caso de México (WRI, 1997), donde se empezaron a eliminar subsidios desde 1990, alcanzando una reducción de las emisiones de CO₂ de 53%. Como resultado de estas medidas, la eficiencia energética en países en vías de desarrollo y naciones con economías en transición ha mejorado notablemente, y en algunos casos ha presentado niveles más altos que en países desarrollados, como los Estados Unidos. Este país, junto con otras naciones altamente industrializadas, a pesar de tener tan sólo 20% de la población mundial, ha sido responsable de 90% del total de las emisiones de CO₂ que se han emitido a la atmósfera desde la Revolución Industrial. En la actualidad, los países altamente desarrollados continúan emitiendo casi las dos terceras partes del total de contaminantes en la atmósfera del planeta.

Los Estados Unidos continúan siendo el país que produce las mayores emisiones de contaminantes industriales, con un total de 22%; seguidos por China (11.9%), Rusia (9.4%) y Japón (5%). Los países que componen la Unión Europea totalizan 13% de las emisiones globales. Los países desarrollados de la OCED (Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo) emiten 38.7% (figura II.10).

En 1992 los Estados Unidos presentaron la emisión per cápita más alta en el mundo, con 19.1 toneladas métricas (WRI, 1998). En contraste, China e India tuvieron una emisión per cápita de 11.9 y 4.6% de los niveles de los Estados Unidos, respectivamente. Los países de la OCED tuvieron en 1992 una emisión per cápita de 11.5 toneladas métricas por año (WRI, 1998). De acuerdo con los ritmos actuales de crecimiento de gases de invernadero, los países en vías de desarrollo producirán casi la mitad del total mundial de las emisiones de CO₂ de las diversas fuentes industriales, para el año 2010. En la actualidad, estos países

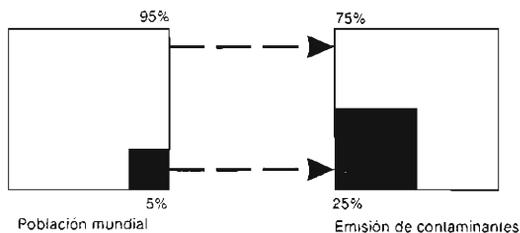


Figura II.9. Relación de población y emisión de contaminantes en el mundo (ipcc, 1996)

son responsables de aproximadamente una tercera parte del total de las emisiones globales. China e India, que presentan una economía en rápida expansión y un crecimiento poblacional absoluto alto (aunque a tasas decrecientes, especialmente en China), serán responsables de un significativo porcentaje del crecimiento mundial de emisiones de CO₂ en las próximas dos décadas. Los escenarios más comunes indican que para el año 2010, China e India producirán más de la mitad de todas las emisiones de CO₂ provenientes de los países en vías de desarrollo (wri, 1996). Esta situación se debe principalmente a su fuerte dependencia del carbón como fuente de energía principal para impulsar el desarrollo. China e India tienen enormes reservas de este combustible fósil. Por lo que respecta a México, la Semarnap (1997) indica que este país emite menos de 2% del total de emisiones de CO₂ en el

mundo y este porcentaje representa menos de una tercera parte de las emisiones per cápita de los países de la OCED.

Por otra parte, el consumo de energía es muy diferente entre los países desarrollados y los países en vías de desarrollo. Casi 25% de la población mundial que vive en países altamente industrializados consume 78% del total de la energía comercial disponible en el planeta, mientras que 25% de la población mundial que vive en países en vías de desarrollo consume tan sólo 2% de la energía disponible (wri, 1998). El restante 50% de la población del planeta consume el otro 20% de la energía global (figura II.11). Esto significa que la gran mayoría de la energía primaria del planeta es consumida por una minoría de los habitantes del mundo, los cuales habitan principalmente en países altamente desarrollados. Esta absurda situación se ejemplifica con

• Emisión per cápita en algunos países:	
Estados Unidos	19.1 ton métricas/año
China	2.27 ton métricas/año
India	0.87 ton métricas/año

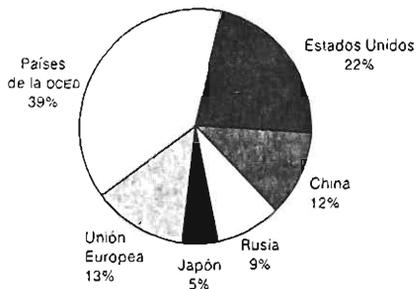


Figura II.10. Emisión de contaminantes en el mundo (wri, 1998)

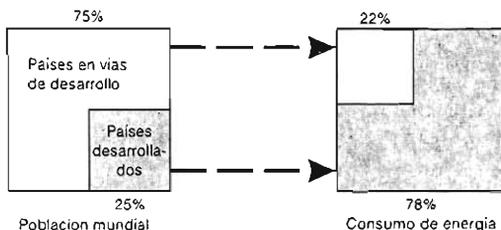
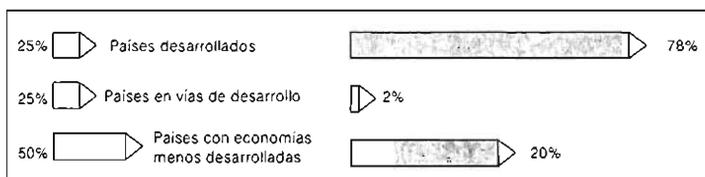


Figura II.11. Diferencias en el consumo de energía mundial por países: desarrollados y en vías de desarrollo (WRI, 1998)

claridad en el caso de los Estados Unidos, que con poco menos de 5% de la población mundial consume casi 30% de la energía comercialmente disponible en el globo terráqueo, mientras que la India, que tiene alrededor de 20% de la población mundial, consume tan sólo 2% del total de la energía comercial del planeta (WRI, 1998) (figura II.12).

En la actualidad, más de 2 000 millones de personas en el mundo no tienen acceso a formas comerciales de energía (WEC, 1993). Por lo tanto, sólo 4 000 millones de consumidores finales ha-

cen uso de las diversas fuentes de energía, disponibles comercialmente en el planeta. Aun cuando el uso absoluto de la energía se ha incrementado en forma considerable en los países en vías de desarrollo, el mayor crecimiento poblacional ha mantenido el uso de la energía per cápita muy por debajo del de los países desarrollados. En la mayoría de las naciones en vías de desarrollo, gran parte del incremento en el uso de la energía se ha dedicado a satisfacer las necesidades básicas de la industria y a proporcionar servicios mínimos a una población en constante creci-



Ejemplos de las diferencias de consumo energético en el mundo		
<i>País</i>	<i>% Población mundial</i>	<i>Consumo</i>
Estados Unidos	5%	30%
India	20%	2%

- 2 000 millones de personas en el planeta no tienen acceso a fuentes de energía comerciales.
- El consumo de energía per cápita promedio es nueve veces mayor en los países desarrollados que en los que se encuentran en vías de desarrollo.

Figura II.12. Consumo de energía en el mundo por países: desarrollados y en vías de desarrollo (WRI, 1998)

miento, y ha habido tan sólo un modesto incremento en la calidad que prestan los servicios de energía (por ejemplo, proporcionar mejores servicios para calefacción, refrigeración, iluminación, cocción de alimentos y transportación). Aunque el uso de energía per cápita varía ampliamente de nación a nación, en promedio, el uso de la energía por persona es aún más de nueve veces mayor en los países desarrollados que en los que se encuentran en vías de desarrollo (wri, 1998).

El Banco Mundial estima que la demanda anual de energía en la última década de este siglo aumentará 6% en los países en vías de desarrollo, y sólo 3% en los países desarrollados (Davis, 1990). Otros estudios (IEA, 1996) revelan que el total de la demanda de energía primaria en el mundo, que en el año 2000 llegará a 9 000 millones de tpe, alcanzará valores que van de 10 900 a 11 800 millones de tpe en el año 2010. Los combustibles fósiles constituirán casi 90% de la demanda total de la energía primaria en el año 2010, cifras que son muy similares al perfil del consumo de energía actual.

El aumento en el consumo de los combustibles fósiles también implica un incremento en las emisiones de gases de invernadero. Como una consecuencia directa del incremento de la quema de combustibles fósiles, las emisiones de CO₂ aumentarán entre 30 y 40% para el año 2010, en un escenario de condiciones de crecimiento económico moderado (wri, 1998). Si se presentan tasas de crecimiento económico mayores, que demanden mayor consumo de energía (proveniente principalmente de combustibles fósiles), las emisiones serán también mayores. Por lo tanto, en este escenario, para el año 2010 las emisiones mundiales de carbón pueden situarse entre 36 y 49% por arriba de sus niveles de 1990. Desafortunadamente, y a pesar del gran potencial que tienen las fuentes de energía naturales renovables (aquí definidas como solar, eólica, geotérmica, oceánica, etc.), las proyecciones indican que su participación, aun cuando registró el crecimiento más alto entre todas las fuentes de energía, creció 0.5% en 1998. Con estas proyecciones se estima que las fuentes de energía naturales renovables cubrirán sólo 1% de las demandas

totales de energía primaria en el mundo para el año 2010 (IEA, 1998). Es conveniente señalar que estos valores omiten el consumo de biomasa. Si la biomasa es tomada en cuenta, la participación de las fuentes renovables que en 1988 era de 2%, puede alcanzar de 2% a 8% de incremento de los requerimientos globales de energía para el año 2020 (wec, 1997). Los principales factores que provocarán esta situación serán el crecimiento explosivo de la población y los procesos de desarrollo industrial intensivo y de urbanización. Los altos niveles de consumo de combustibles fósiles y las enormes disparidades mencionadas anteriormente han provocado diversos efectos negativos en el medio ambiente, al igual que severas implicaciones económicas, sociales y políticas en el mundo.

El potencial global de las fuentes de energía naturales renovables es enorme. Por ejemplo, con la pequeñísima fracción de la energía solar que llega a la Tierra se podrían resolver hasta 20 000 veces las demandas energéticas de los habitantes de este planeta (Rostvik, 1992). Otras fuentes de energía renovable, como la eólica y la oceánica, entre otras, tienen un enorme potencial para satisfacer múltiples requerimientos energéticos, y son alternativas promisorias en la búsqueda de soluciones para mitigar el deterioro ambiental y otros problemas comúnmente relacionados con la pobreza, una situación lamentable que es muy común y cotidiana para mucha gente que vive en suburbios urbanos marginados y comunidades rurales remotas o dispersas en todo el mundo.

El mejoramiento de la eficiencia energética es también otro factor importante para reducir el deterioro ambiental. A este respecto es conveniente señalar que actualmente, de 60% a 70% de la energía primaria comercialmente disponible en el planeta se pierde en el proceso para suministrar los servicios vitales de energía (pérdidas por conversión, transmisión y distribución), y de este porcentaje de pérdidas, más de la mitad ocurre en los usos finales por parte del consumidor (wec, 1997). Un ejemplo de estas pérdidas se tiene en las centrales termoeléctricas, donde la generación de energía eléctrica aprovecha sólo 30 por ciento.

Los programas para promover el ahorro y uso eficiente de la energía han obtenido resultados favorables para reducir el deterioro ambiental. En términos generales, por cada kWh de electricidad que el consumidor final ahorra, se evita la emisión al medio ambiente de los contaminantes que se indican en el cuadro II.2.

En el caso de México, los programas de ahorro emprendidos por el sector eléctrico, incluyendo el horario de verano y el desarrollo de programas de incentivos durante el periodo 1990-1996, los ahorros fueron de 2 406 GWh/año en consumos finales y de 849 MW en demanda (SE, 1997). En el caso específico del programa de horario de verano en 1996, el ahorro fue de 943 GWh, que significó 0.8% del consumo total anual de electricidad del país; en cuanto a la demanda máxima, la reducción que se obtuvo fue de 529 MW, equivalentes a 2.1% de la demanda máxima registrada para ese mismo año. Estos ahorros permitieron reducir la emisión de contaminantes de 1.638 toneladas de CO₂, que es el principal precursor del cambio climático global. Si se considera que la eficiencia de las plantas generadoras de electricidad es en promedio de 30%, esto significa que, en realidad, debido a este efecto multiplicador, la disminución adicional en la emisión de gases de invernadero fue superior a 5 millones de toneladas de CO₂. El efecto en la reducción de la emisión de otros contaminantes en el periodo estimado (1990-1996) fue en promedio de 40 902 toneladas de SO₂/año; 4 812 toneladas de NO_x/año; 18 toneladas de hidrocarburos/año; y 2 577 toneladas de partículas suspendidas/año (FIDE, 1997) (cuadro II.3).

CUADRO II.2. Contaminantes que dejan de emitirse a la atmósfera por cada kWh ahorrado por el consumidor final

- 681 gramos de CO₂
- 5.8 gramos de SO₂
- 2.5 gramos de NO_x
- 0.35 gramos de polvo y partículas suspendidas
- 3.6 m³ de agua

FUENTES: FIDE, 1997; DOE, 1996.

CUADRO II.3. Resumen de resultados y beneficios obtenidos en México por la realización de programas de ahorro y uso eficiente de energía (FIDE, 1997)

- Horario de verano (implantado a partir de 1996)
 - Durante 1997 se obtuvieron los siguientes beneficios:
 - Ahorro en el consumo de energía eléctrica por 1 100 millones de kWh = 0.83%
 - Los usuarios dejaron de pagar 540 millones de pesos
 - Reducción de la demanda máxima o demanda pico en 550 MW, lo que significa una reducción en inversiones al sector eléctrico por 4 400 millones de pesos
 - Se evitó el consumo de 2 millones de barriles de petróleo, con lo que se reduce significativamente la emisión de contaminantes al ambiente
- Con la realización de programas del FIDE, el ahorro de energía eléctrica logrado durante el periodo 1990-1996 fue de 2 406 GWh y de 5 393 266 barriles/año, lo que contribuyó a reducir la emisión de:
 - SO₂ = 40 902 toneladas/año
 - NO_x = 4 812 toneladas/año
 - CO₂ = 1 949 753 toneladas/año
 - Hidrocarburos = 18 toneladas/año
 - Partículas suspendidas = 2 577 toneladas/año

Es importante resaltar que los ahorros de energía y la reducción promedio de contaminantes, del orden de 1.9 millones de toneladas de CO₂/año, considerando la eficiencia energética de las plantas de producción de energía (30% en promedio), tienen un efecto multiplicador indirecto, lo cual contribuye a una reducción adicional de gases de efecto invernadero, particularmente de CO₂, que es el principal precursor del cambio climático global, equivalente a más de 5 000 000 de toneladas.

Para tener una idea clara del impacto ambiental favorable que produce una medida de uso eficiente de la energía, como es el caso de la sustitución de una lámpara incandescente de 75 watts por una compacta fluorescente tipo PL de 13 watts, durante el ciclo de vida de esta última (10 000 horas) se evita la emisión de 422 kg de CO₂ a la atmósfera, es decir, de casi media tonelada del principal precursor del incremento en la intensidad del efecto invernadero y del cambio global. Por todos los beneficios inherentes, es obvio que el kWh ahorrado es más "barato" que el kWh generado.

En síntesis, es evidente que los efectos del irracional consumo de los energéticos convencionales, en forma de combustibles fósiles, y el de otras acciones de carácter antropogénico han provocado, sobre todo a partir de la segunda mitad del siglo XX, un grave deterioro ambiental sin precedentes en todo el mundo, que afecta los ecosistemas del planeta y pone en riesgo la supervivencia de éstos. Una alternativa viable de solución a esta problemática es, sin duda alguna, la interacción y participación de los diversos sectores de la sociedad en el mundo para emprender acciones orientadas a la preservación y mejoramiento del medio ambiente basadas en el ahorro y uso eficiente de los energéticos convencionales y en el aprovechamiento y aplicación de energías alternativas innovadoras. Asimismo, sería necesario introducir nuevas culturas ecológicas fundamentadas en criterios de desarrollo sustentable.

EFFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN EN LA SALUD DEL HOMBRE

Los beneficios de reducir los gases de invernadero, tales como el CO₂ van sustancialmente más allá que la prevención de las alteraciones potenciales en el clima de la Tierra. Es en la salud de las personas donde también se aprecian los beneficios potenciales de un mejoramiento en el medio ambiente. Estudios desarrollados por el Grupo de Trabajo en Salud Pública y Quema de Combustibles Fósiles (Atkinson *et al.*, 1997), formado a instancias del World Resources Institute y la Organización Mundial de la Salud (WHO),

han encontrado que reducciones relativamente pequeñas en las emisiones en todo el mundo pueden prevenir casi 700 000 muertes prematuras al año para el 2020. Esta cifra incluye 563 000 muertes cada año (80% del total) en los países en vías de desarrollo y 140 000 (20% del total) en países desarrollados. Cuatro de cada cinco personas que pudieran morir a consecuencia de los efectos del deterioro ambiental para el año 2020 habitarán en países en vías de desarrollo. El efecto acumulativo de evitar estas pérdidas humanas es realmente enorme. Por ejemplo, del año 2000 al 2020, la adopción de medidas efectivas para proteger el medio ambiente y prevenir alteraciones climáticas severas puede evitar la muerte de un total de 8 millones de personas en todo el mundo, incluyendo 6.3 millones de personas en los países en vías de desarrollo y 1.7 millones en los países desarrollados. Los niños son las primeras víctimas afectadas por los problemas ambientales. Cada 10 segundos muere un niño como resultado del deterioro ambiental en la Tierra (Rostvik, 1992). Tan sólo en los Estados Unidos, el número potencial de vidas que se salvarían cada año por medio de acciones efectivas para reducir la contaminación del aire por partículas es igual al número de muertes que ocurrieron en 1996 por el virus de inmunodeficiencia adquirida (HIV) (Atkinson *et al.*, 1997).

La mayoría del daño ambiental en los ecosistemas del planeta se ha provocado por acciones antropogénicas depredadoras en el medio ambiente construido, sobre todo en la forma en que la energía (principalmente la que proviene de combustibles fósiles) es utilizada en los edificios y las ciudades donde el hombre vive, trabaja, estudia y realiza actividades sociales, entre otras. Actualmente, cerca de la mitad de la energía comercialmente disponible en el mundo se consume en los diversos géneros de edificios. A diferencia de los edificios que se encuentran en las ciudades modernas, las construcciones tradicionales se han identificado a lo largo de la historia por ofrecer una respuesta favorable y una correlación armónica con las condiciones del clima, la naturaleza local, y con los patrones socio-culturales y tradicionales. Sin embargo, la mayoría de los edificios construidos a partir de la

segunda mitad del siglo xx en los centros urbanos se caracterizan por ignorar las interacciones imprescindibles con el entorno natural circundante e incluyen costosos sistemas de calefacción, refrigeración y alumbrado. Gran parte de los edificios en las urbes modernas incorporan estilos arquitectónicos y materiales que ignoran totalmente las condiciones climáticas locales. Como resultado de esta situación, estos edificios contemporáneos son altamente dependientes para controlar el ambiente en el interior de los espacios y en consecuencia consumen enormes cantidades de combustibles fósiles, lo que ocasiona un efecto negativo y severo en el medio ambiente. Por lo tanto, es necesario modificar estas tendencias y adoptar medidas correctivas orientadas hacia la aplicación de criterios de desarrollo sustentable en el diseño y planificación de edificios y comunidades, tanto nuevos como existentes, en escenarios urbanos y rurales.

DIAGNÓSTICO

El paso del hombre por el planeta se ha caracterizado por una enorme variedad de circunstancias. Desde el punto de vista energético, a partir de sus primeras manifestaciones, el hombre ha requerido un consumo de energía para satisfacer sus necesidades. Con el paso del tiempo, el acelerado avance tecnológico, asociado con el intenso crecimiento poblacional, han dañado al medio ambiente. Como ya se ha mencionado, las consecuencias de estas acciones antropogénicas se manifiestan en todo el planeta, en fenómenos como

el cambio climático, el calentamiento global, la destrucción de la capa de ozono, la deforestación, la lluvia ácida, entre otros.

RESUMEN

Las repercusiones de una actitud irracional en el manejo de los recursos naturales y de una intensa industrialización han llevado al hombre a una situación de alteración drástica del equilibrio de los diversos ecosistemas de nuestro planeta. En muchos casos, esta situación ha provocado daños irreversibles, y en muy poco tiempo, menos de 200 años, la destrucción causada por actividades antropogénicas ha alcanzado niveles alarmantes.

Es necesario llevar a cabo acciones correctivas a esta situación, y para ello es indispensable la participación de todos los sectores de la sociedad en el mundo entero. Se requieren acciones efectivas, a corto, mediano y largo plazo, que se orienten a la realización de actividades productivas en armonía con la preservación y mejoramiento del medio ambiente y que se basen en el ahorro y uso eficiente de las energías convencionales y en el aprovechamiento de las fuentes alternativas de energía, como la solar, la eólica, la bioenergía, etcétera.

Todas estas acciones deben enfocarse a lograr un desarrollo sustentable que contribuya a que el hombre alcance una mejor calidad de vida, para que las generaciones venideras tengan oportunidad de desarrollar una dinámica de integración y armonía permanente con su entorno natural.

Ejercicios de aplicación para el grupo

- Establecer grupos de trabajo para analizar la problemática del uso de la energía a lo largo del tiempo y su impacto en el medio ambiente.
- Organizar seminarios de análisis de las temáticas relacionadas con las causas y efectos de la contaminación.
- En grupos de trabajo e individualmente, plantear propuestas de medidas correctivas para contribuir a la solución de la problemática de la contaminación mundial.
- Estructurar acciones, tanto en grupo como individualmente, que permitan generar una metodología para desarrollar estrategias orientadas a lograr un desarrollo sustentable en las diversas actividades del hombre.

Guía para la autoevaluación

- Mencione los cambios en los patrones de consumo energético del hombre a lo largo del tiempo, hasta nuestros días, indicando cantidades en función del tiempo.
- Identifique las principales causas de la destrucción del medio ambiente en el planeta.
- ¿Cuáles son los principales efectos de la contaminación en el medio ambiente en el suelo, el agua y la atmósfera?
- Indique los cambios cualitativos y cuantitativos de la población en el mundo.
- Mencione de qué manera han influido las acciones del hombre en el medio ambiente construido para provocar el deterioro ambiental del planeta. Indique causas y efectos.
- ¿Cuál ha sido la transformación de las ciudades en el tiempo?
- ¿Cuál es la situación actual de las ciudades en el planeta? Establezca un diagnóstico.
- Identifique las tres ciudades más pobladas del planeta.
- ¿Cuáles son las principales características de las comunidades que viven en condiciones de extrema pobreza?
- Identifique cualitativa y cuantitativamente la relación entre crecimiento poblacional, consumo de energía y niveles de contaminación, en particular las emisiones de CO₂.
- ¿Cuál es la relación entre el consumo de energía y la población en países en vías de desarrollo, en comparación con los desarrollados?
- Identifique los países que provocan las mayores emisiones de CO₂.
- ¿Cómo se formó, cuál es la función y cuáles han sido los principales resultados del Panel Intergubernamental para Estudio del Cambio Climático (ipcc)?
- Mencione los principales foros internacionales de análisis sobre los problemas ambientales en el planeta, y de manera sintética indique los principales resultados y conclusiones de los mismos.
- ¿Cuál es el potencial de las fuentes alternativas de energía en el planeta? Indique cuáles son éstas y de qué manera podrían contribuir a disminuir el problema de la destrucción del entorno natural.
- ¿Cuál es el potencial de las fuentes alternativas de energía en el planeta? Indique cuáles son éstas y de qué manera podrían contribuir a disminuir el problema de la contaminación.
- ¿En qué consisten y cuáles han sido los principales resultados de los programas de ahorro de energía en México?
- ¿Cuáles son los principales efectos de la contaminación en la salud del hombre?
- Identifique las acciones, estrategias de desarrollo sustentable y medidas correctivas para contribuir a la solución del problema ambiental en el planeta, así como la viabilidad de su aplicación, sus objetivos, metas y alcances, a corto, mediano y largo plazo, al mismo tiempo que se alienta y estimula el crecimiento económico y la productividad, tanto en países en vías de desarrollo como en los desarrollados.
- Establezca un diagnóstico de la situación actual de los ecosistemas del planeta, y un pronóstico de tres escenarios diferentes: muy favorable, moderado y desfavorable.

CAPÍTULO III

USO DE LA ENERGÍA E IMPACTO AMBIENTAL EN MÉXICO

SITUACIÓN ACTUAL

MÉXICO ES EL OCTAVO PAÍS productor de petróleo en el mundo, y ésta es la razón principal de su enorme dependencia de este tipo de combustible fósil. De acuerdo con estadísticas recientes (SE, 1998), del total de la energía que se consume en el país, 89.6% proviene de los hidrocarburos (figura III.1). La excesiva dependencia de los hidrocarburos y los hábitos de uso de la energía inadecuados han provocado un severo daño ambiental en México. Como resultado de esta situación, 95% de las selvas tropicales ha sido destruido, y más de 50% de sus selvas y 65% de sus bosques mixtos han desaparecido (Halfter, 1989). Más de una tercera parte de la superficie del país se ha convertido en una región desértica inservible. Las pérdidas anuales de bosques se estiman en un millón de hectáreas (WRI, 1992). La gran mayoría de sus ríos, lagos y lagunas están severamente contaminados. La atmósfera, el agua y el suelo de regiones urbanas y rurales presentan índices alarmantes de contaminación. Esta situación afecta la salud de las personas y su calidad de vida, e incide negativamente en la productividad, eficiencia y competitividad, lo que a su vez inhibe el desarrollo del país.

Se estima que México pierde cada año un millón de hectáreas de selvas tropicales (World Resources Institute, 1997). Con este elevado índice de deforestación, México ocupa el cuarto lugar mundial. De acuerdo con el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 1995-2000, el uso inadecuado de los suelos ha ocasionado una disminución de 80% del potencial de fertilización. Esta situación tiene un efecto desfavorable en la salud de las

personas y en su calidad de vida, así como en otras actividades productivas, que limitan el crecimiento económico y el desarrollo del país.

Estudios recientes del INE (1999) indican que al duplicarse el bióxido de carbono que hay en la atmósfera, lo cual, de acuerdo con las tendencias y al ritmo actual de emisión de gases de invernadero y destrucción del hábitat, puede ocurrir en el año 2025, sobrevendrán severas catástrofes en México. Estos estudios estiman que en el norte del país la temperatura ascenderá a los 54.5 grados, tres veces arriba del promedio recomendable para la vida humana. Asimismo, a causa de la escasez de agua en estados como Quintana Roo, cada uno de sus habitantes reducirá dos terceras partes su consumo doméstico diario. Por otra parte, algunas enfermedades que están a punto de erradicarse (transmitidas por insalubridad y plagas de moscos), resurgirán en la península de Yucatán. El nivel del mar ocupará terrenos bajos de los estados de Veracruz, Tamaulipas y Campeche. El fenómeno de las "Islas de Calor Urbano" provocará que sea insoportable la permanencia en las grandes ciudades del país. Por lo tanto, la acumulación de carbono, que impide que las radiaciones solares salgan de la atmósfera, calentará la Tierra a tal grado, que provocará epidemias, sequías, inundaciones y migraciones que cambiarán totalmente el aspecto del territorio nacional. El estudio ubica que los escenarios ocurrirán en 25 años, y advierte que, al sobrevenir el fenómeno de calentamiento global, y en consecuencia el cambio y alteración del clima, sus efectos tendrán severas consecuencias en regiones especialmente vulnerables de México. Provocado por esta situación, en lugar de "migrantes laborales", se tendrán grandes grupos

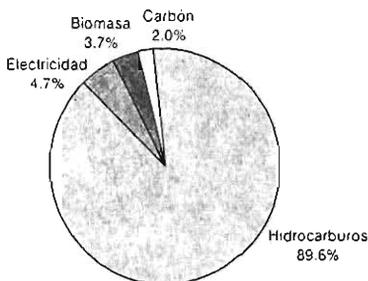


Figura III.1. Participación de los diversos energéticos en la producción de energía primaria en México (SE, 1998)

“migrantes climáticos” y en consecuencia, las políticas del futuro cercano se tendrán que enfocar a buscar alternativas para evitar que éstos “migrantes climáticos” fluyan a las nuevas megaciudades, donde la subsistencia será sumamente complicada y las presiones sociales cada vez más intensas y difíciles de resolver.

Algunas medidas correctivas y políticas prioritarias que, según el estudio, los gobiernos municipales, estatales y federales tendrán que instrumentar para contribuir a plantear soluciones al severo daño ambiental ocasionado en México serían: preparar acciones para levantar diques y barreras que detengan la avanzada del nivel del mar y las cada vez más frecuentes inundaciones en asentamientos humanos en terrenos bajos; abastecer la energía necesaria que la población demandará, con tecnologías de ahorro y uso eficiente y aprovechamiento de las fuentes naturales renovables de energía; vigilar y atender los brotes de epidemias relacionadas con el cambio climático; disminuir la quema de combustibles fósiles; buscar nuevas fuentes de suministro de agua, extraerla y transportarla, etcétera.

Es importante señalar que de acuerdo con las estadísticas más recientes (Australia, 1999), las emisiones de bióxido de carbono de México representan 6.27% de las emisiones totales en el mundo, por lo que el país ocupa el decimocuarto lugar en emanaciones.

La zona metropolitana de la ciudad de México es precisamente una de las más vulnerables al

daño en su entorno natural, asociado a los múltiples efectos que esto puede provocar.

Disponibilidad de recursos naturales en México

México puede ser catalogado como un país privilegiado debido a la gran diversidad y disponibilidad de energía y otros recursos naturales. Los combustibles fósiles convencionales tales como petróleo, carbón y gas natural son abundantes; sin embargo, como se mencionó anteriormente, existe una enorme dependencia de estas fuentes de energía. Por ejemplo, los datos más recientes del Balance de Energía (SE, 1998) indican que 89.6% de la energía que se consume en el país proviene de los hidrocarburos, y no existe una indicación clara por parte de los sectores relacionados con la producción y distribución de la energía y con la formulación de políticas inherentes que permita apreciar un interés efectivo y consistente para apoyar la diversificación de los energéticos y la investigación para el aprovechamiento y aplicación de otras fuentes alternativas de energía con carácter renovable. Información reciente indica que la electricidad participa con 4.7% del total de la energía producida en el país (incluyendo 2.9% de energía hidroeléctrica, 1.2% de energía nuclear y 0.6% de energía geotérmica); la biomasa, 3.7% (con 2.7% de la leña y 1% del bagazo de caña); y el carbón

con 2.0% (SE, 1998) (figura III.1). Es importante señalar que en 1997 el consumo de energía por habitante se incrementó 1.6% respecto al año anterior. Asimismo, la "intensidad energética" disminuyó 3.1%, lo cual indica una ligera mejora en la eficiencia energética. La producción de energía primaria creció 4.7%, al igual que las importaciones totales de energía, las cuales mostraron un crecimiento de 63.1% respecto a 1996. La adquisición de gas licuado aumentó 31.4%; la de combustóleo 100.1% y la de gasolinas 72.4 por ciento.

Estos datos reflejan que persiste la alta dependencia de la economía nacional en lo que respecta a los hidrocarburos, principalmente el petróleo crudo. Históricamente se ha demostrado que la explotación y el uso exclusivos de una sola fuente de energía pueden ser factores de muy alto riesgo para un país. Esta situación se ha hecho evidente con la caída, un tanto inesperada, de los precios del petróleo durante los primeros meses de 1998, lo que afectó severamente la economía de diversos países, incluyendo a México, el cual, por contar con una planificación basada en los ingresos de impuestos provenientes predominantemente del petróleo ("petrolizado"), ha tenido necesidad de hacer varios recortes presupuestales, lo que ha provocado múltiples problemas en diversos sectores de la población. Por otra parte, los datos antes mencionados evidencian también la excesiva dependencia que existe entre los centros de transformación y los procesos de combustión, situación que provoca un severo impacto en el medio ambiente. Con acciones orientadas hacia una diversificación de los energéticos, a partir del aprovechamiento y aplicación de las fuentes alternativas de energía renovables, asociadas a programas de ahorro y uso eficiente de la energía, de mayor alcance y difusión, se podría contribuir no sólo a un mejoramiento del medio ambiente y la calidad de vida de las personas, sino también a una economía más sana, tanto individual como nacional.

México, además de ser uno de los más importantes países productores y exportadores de hidrocarburos posee un enorme potencial en diversas fuentes alternativas de energía renovables, tales como la solar, la eólica, la bioenergía y

la oceánica, entre otras. Esto se debe principalmente a que recibe una cantidad de radiación solar considerable en una gran superficie territorial y también porque áreas áridas o semiáridas cubren alrededor de tres cuartas partes del territorio nacional, con una irradiación solar promedio mayor de 5.5 kW-hora/m²/día, es decir, más de 2 000 kW-hora/m²-año, equivalentes a un promedio anual de 19 MJ/m² (Almanza *et al.*, 1990), lo que equivale a más del doble del promedio en los Estados Unidos. Con este enorme potencial de energía solar se podrían satisfacer múltiples necesidades energéticas. Para tener una idea del potencial de energía solar en México he aquí el siguiente ejemplo. Si se utilizan fotoceldas solares con una eficiencia de 12% y una área útil adicional de 30% en el campo de los paneles solares, considerando la irradiación solar promedio diaria que recibe el territorio nacional en el año, equivalente a 19 MJ/m²/día/año, se podrían cubrir las necesidades energéticas por consumo de electricidad de todo el país (469 PJ) (SE, 1998), con una superficie de 682 km², es decir con un cuadrado de aproximadamente 26 × 26 km por lado de paneles solares, equivalentes a una superficie de menos de la mitad de la que ocupa la ciudad de México. El cálculo para el total del consumo nacional (5 994 PJ) (SE, 1998) indica que se requeriría un cuadrado de 96 × 96 kilómetros de lado; y de 118 × 118 kilómetros por lado, para cubrir la producción total de energía primaria de México (9 355 PJ) (SE, 1998). Esto significa que el recurso solar es de una magnitud enorme en el país y que con una superficie de menos de 1% del territorio nacional (0.69%), se podría generar toda la energía primaria que se produce en México anualmente.

México tiene una extensión territorial de 2 millones de km² y se localiza entre los 14° 32' y los 32° 34' de latitud norte, que es precisamente la banda en donde en todo el mundo ocurren intensidades muy altas de radiación solar. Al oeste está limitado por el océano Pacífico y al este por el Golfo de México y el mar Caribe. Esta ubicación le permite tener lluvias ciclónicas durante todo el año. Cuatro serranías captan el potencial hídrico proveniente de los ciclones, y las fallas geológicas volcánicas permiten el aprovecha-

miento de los recursos geotérmicos para la obtención de energía eléctrica. Por lo que respecta a esta fuente de energía, después de los Estados Unidos (3 200 MW) y Filipinas (2 200 MW), México ocupa el tercer lugar en capacidad instalada, con alrededor de 1 000 MW (IIE, 1994). Con cuatro centrales geotérmicas, la principal en Cerro Prieto, Baja California (con 620 MW de capacidad instalada y 200 MW en desarrollo), México tiene en la energía geotérmica una importante fuente de energía. Cabe señalar que, incluso, se exportan a los Estados Unidos casi 1 700 GWh al año de esta planta geotérmica. Es importante mencionar que, con excepción de la energía geotérmica, la nuclear y, parcialmente, la energía producida por medio de las mareas, todas las fuentes de energía, convencionales y no convencionales provienen de la energía producida por un proceso de fusión nuclear. En éste se convierten, cada segundo, 67 millones de toneladas de hidrógeno en 653 millones de toneladas de helio, y las cuatro restantes se envían al espacio en forma de energía, recibiendo la Tierra tan sólo una 2 000 millonésima parte de esta enorme cantidad de energía que genera el Sol, a más de 150 millones de kilómetros de distancia.

El viento es una manifestación indirecta de la energía que nos envía el Sol (aproximadamente 0.25% de la energía que llega a la baja atmósfera es transformada en la energía cinética de los vientos) y se debe precisamente a la diferencia de temperaturas originada por el calentamiento de la superficie terrestre; donde el flujo de aire se dirige de las altas a las bajas presiones, con masas de aire caliente, ascendentes, a partir de las regiones ecuatoriales hacia los polos, y de aire frío, descendentes de éstos hacia las zonas ecuatoriales. Estos movimientos son influidos por el movimiento de rotación terrestre y la orografía. Las velocidades del viento dependen del gradiente de presión o temperatura.

Esta importante fuente de energía se ha utilizado desde épocas muy remotas para impulsar naves, moler granos, bombear agua, y recientemente, para generar electricidad. Las primeras referencias históricas establecen que en el siglo v.a.C. se usó un molino de eje vertical en una región entre lo que hoy es Irán y Afganistán. Los primeros molinos de

viento surgen en Europa en el siglo xii. Es a partir de la década de los cuarenta cuando se hace la primera conexión de un aerogenerador a la red eléctrica. Actualmente, la generación de energía eólica en el mundo es de 4 000 GW-hora, con una capacidad instalada de más de 2 400 MW (wec, 1993), siendo California el líder indiscutible, con una producción de 75% del total mundial. En 1991 California produjo 2 700 millones de kWh, suficientes para cubrir las necesidades de más de un millón de personas en diversas comunidades (Carless, 1995). En regiones con velocidades de viento superiores a 4.5 m/s (16 km/h), el aprovechamiento de la energía eólica es muy recomendable, pues adquiere su potencia nominal cuando el viento alcanza una velocidad de 15 m/s (54 km/h). Por ejemplo, en California, con un viento promedio mayor de 7.5 m/s (27 km/h), la electricidad tiene un costo de \$0.04 kWh y se espera que el costo continúe bajando. Dinamarca, a su vez, ocupa el segundo lugar como productor de energía eólica. Por otra parte, es importante señalar que el crecimiento de la industria eólica en el mundo es de 25% anual.

En México, las estimaciones del IIE (1994) ubican al país como el poseedor del mayor potencial de recursos eólicos en el mundo, y se encuentran de manera predominante en los estados de Oaxaca —sobre todo en la región conocida como La Ventosa, con un potencial estimado de 2 000 MW—, Zacatecas, Quintana Roo, Sonora, Baja California Sur, Veracruz, Hidalgo y Guerrero. La Comisión Federal de Electricidad (CFE) reconoce que México cuenta con un potencial eólico de más de 5 000 MW de capacidad instalada (con una generación anual estimada de 15 000 GWh), que es aproximadamente la séptima parte de los 36 000 MW que constituyen el total del sistema eléctrico mexicano en la actualidad (1998). Con la construcción de la planta eoloelectrónica de La Ventosa, Oaxaca (lugar en donde se registran velocidades promedio anuales de 7 m/s [25.2 km/h], a 10 m de altura), que cuenta con una capacidad instalada de 1.575 MW, con siete aerogeneradores de 225 kW cada uno, montados a 31.5 m de altura y separados 60 m entre sí, un sistema de energía alternativa se conecta por vez primera a la red eléctrica en

México. En total, considerando la instalación de aerogeneradores en Quintana Roo e Hidalgo, la capacidad de energía eólica instalada en México es de 1.6 MW, con lo cual ocupa el lugar 13 en el mundo y el 11 en capacidad instalada, conectada a la red (UE, 1994). Sin embargo, a pesar de la promisorio perspectiva que tiene la energía eólica en México, se ha aprovechado tan sólo una pequeña fracción de su enorme potencial. Esto se debe principalmente a la falta de voluntad política para impulsar su desarrollo.

Los 11 600 kilómetros de litorales, 3 millones de km² de aguas territoriales y más de 130 lagunas costeras mayores de 15 000 km² de superficie, hacen que México sea un país con un potencial extraordinario para el aprovechamiento de la energía oceánica (la energía que se obtiene a partir de las olas, las mareas y el gradiente térmico). La energía que se puede aprovechar a partir del movimiento de las olas en las regiones costeras de México es de 445 TeraWatts-hora/año (1 TeraWatt = 1×10^{12} Watts) (WRJ, 1980). México tiene también un enorme potencial hidroeléctrico, del cual sólo se ha explotado 20% (Viqueira, 1988). La energía hidráulica, a partir del aprovechamiento de la energía cinética del agua en movimiento, es también una fuente alternativa renovable que se obtiene por la acción indirecta del Sol, sobre todo a través del ciclo del agua. La gran cantidad de caudales que forman riachuelos y cascadas en áreas montañosas con grandes pendientes (o incluso ligeras) que se localizan en diversas regiones en México, pueden aprovecharse para impulsar turbinas y generar energía eléctrica. La Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (Conae) ha identificado 100 lugares en los que podrían instalarse centrales microhidráulicas con una capacidad efectiva media anual de 400 MW y con un potencial total de generación de 3 572 GWh anuales (SE, 1998), que podrían ser utilizados como autoabastecimiento para servicios municipales. Utilizando este tipo de energía microhidráulica se podría ofrecer electricidad a múltiples comunidades que en la actualidad no tienen acceso a ella. Es conveniente señalar que en el territorio nacional, sobre todo en comunidades rurales remotas o dispersas de menos de 500 habitantes, son 5 millones de per-

sonas las que no tienen acceso a la energía eléctrica convencional (CFE, 1991).

La bioenergía o biomasa, que es la materia orgánica formada por los diversos tipos de vegetación y desechos orgánicos, se obtiene también a partir de la captación de la energía solar en las plantas. Éstas, por medio de la fotosíntesis transforman el CO₂ y el agua del subsuelo en oxígeno y carbohidratos, que a su vez se pueden utilizar para producir energía. En México, alrededor de 15 millones de personas, principalmente en el medio rural, consumen anualmente más de 20 millones de toneladas de leña (SEMIP, 1988). Durante 1997 la biomasa representó 6.6% del consumo final de energía en toda la nación (SE, 1998). Sin embargo, la quema de leña y otros productos orgánicos de desecho provoca serios problemas ambientales, tales como una acelerada deforestación, la emisión de gases de invernadero y la reducción de tasas adecuadas de oxígeno. Por lo tanto, los usos actuales de la leña y otros productos similares para satisfacer necesidades de cocción de alimentos, calentamiento de agua y calefacción del aire en viviendas, deberían sustituirse por métodos, ya sean biológicos o termoquímicos (por ejemplo, por medio de digestores, aeróbicos o anaeróbicos), que no afecten el medio ambiente. Desde esta perspectiva, la separación de desperdicios y el reciclaje son medidas esenciales para tener un enfoque integral y sustentable en la obtención de energía a partir del aprovechamiento de la materia orgánica. Actualmente, el Departamento del Distrito Federal (DDF) realiza trabajos para el aprovechamiento del biogas generado en el relleno sanitario de Santa Catarina, del que se espera tener una capacidad aprovechable de entre 4 y 6 MW (SE, 1998). En consideración a lo antes expuesto es evidente que por su gran diversidad y cantidad de recursos naturales, el potencial de la biomasa en México es considerable, y su aprovechamiento es una promisorio alternativa para reducir el consumo de energía y el deterioro ambiental.

Datos recientes (SE, 1998) revelan que en 1996 la energía generada por fuentes alternativas renovables en México totalizó 1.2 Petajoules (1 Petajoule = 1×10^{15} Joules), cantidad superior en 10.3% a la del año anterior (1996). Por medio del

uso de colectores solares planos para calentamiento de agua se generó 1.1 PetaJoules durante 1997, cantidad superior en 10.1% a la registrada en año previo. La superficie total instalada pasó de 236.2 a 260.8 miles de m², con un promedio de radiación solar de 18 841 kJ/m²/día. En México, los sistemas solares fotovoltaicos se usan principalmente para bombeo de agua, iluminación doméstica y alumbrado público, telefonía rural, repetidoras de microondas, señalamiento terrestre y marítimo, entre otros. La capacidad instalada (potencia pico instalada) de los sistemas fotovoltaicos pasó de 5.1 MWpico en 1996, a 6.0 MWpico en 1997, generándose 0.012 PetaJoules (18.07 GWh) durante este último año, cantidad 20.0% superior a la del año anterior. La capacidad instalada de todas las fuentes alternativas renovables de energía en México se estima en poco más de 140 MWpico instalados, lo que representa 0.5% con base en la capacidad instalada de fuentes convencionales de energía y menos de 0.2% de la generación de energía al año.

DIAGNÓSTICO

México cuenta con un enorme potencial de recursos energéticos naturales, lo cual le ha dado la característica de ser un país privilegiado desde el punto de vista geográfico. Sin embargo, ha tenido varios obstáculos para lograr un desarrollo sustentable y equitativo en todo el país, en las diversas comunidades que lo integran. Entre éstos se encuentran su excesiva dependencia de las fuentes de energía provenientes de combustibles fósiles; la evidente falta de una diversificación de

fuentes de energía, y de apoyo decidido y efectivo a la investigación y desarrollo de fuentes alternativas naturales renovables de energía; una ineficiencia energética creciente y un acelerado crecimiento de importaciones de energéticos. Todo esto ha provocado un severo daño y, en algunos casos, irreversible, al medio ambiente.

Ciertamente, el deterioro ambiental en México afecta la salud de las personas y su calidad de vida e incide negativamente en la productividad, eficiencia y competitividad, lo que a su vez inhibe el desarrollo del país.

Con acciones orientadas hacia una diversificación de los energéticos a partir del aprovechamiento y aplicación de las fuentes alternativas de energía renovables, asociadas a programas de ahorro y uso eficiente de la energía, de mayor alcance y difusión, y efectivos en la práctica, se podría contribuir no sólo a un mejoramiento del medio ambiente y la calidad de vida de las personas, sino también a una economía más sana, tanto individual como nacional.

RESUMEN

La utilización apropiada del enorme potencial de las energías alternativas renovables que México posee, y la creación de programas efectivos para ahorrar y hacer un uso eficiente de los energéticos convencionales (hidrocarburos) se presentan como opciones promisorias y tienen el potencial para propiciar un efecto favorable en el medio ambiente, en la economía (en todos sus niveles), y sobre todo, lo que es más trascendente e importante, en la calidad de vida de sus habitantes.

Ejercicios de aplicación para el grupo

- Establecer equipos de trabajo para analizar la problemática del uso de la energía y el impacto en el medio ambiente en México.
- Organizar seminarios de discusión de las temáticas relacionadas con las causas y efectos del uso de la energía y el impacto en el medio ambiente en México.
- En grupos de trabajo e individualmente, plantear propuestas de medidas correctivas para coadyuvar a la solución de la problemática del uso de la energía y las consecuencias en el medio ambiente.
- Estructurar acciones grupales e individuales que permitan generar propuestas para propiciar un desarrollo sustentable, basándose en el aprovechamiento y aplicación de las fuentes naturales renovables de energía, en las diversas actividades productivas del país.

Guía para la autoevaluación

- Indique las principales afectaciones en el medio ambiente en México y sus causas.
- De acuerdo con los datos más recientes, ¿cuál es el tipo de energéticos que se consumen en mayor cantidad en México y cuáles son las repercusiones de esta situación?
- Desde el punto de vista energético, ¿cuáles son los principales obstáculos para lograr un desarrollo sustentable y más equilibrado en México?
- Identifique los principales recursos energéticos naturales renovables que existen en México y mencione sus principales características.
- ¿Cuál es el potencial de la bioenergía en México y de qué manera se puede relacionar en sus posibles aplicaciones con la disminución del deterioro ambiental?
- ¿Cuál ha sido la participación de las fuentes alternativas renovables en México?
- ¿Qué acciones y medidas correctivas propondría para coadyuvar a la problemática que existe en México en relación con la alta dependencia e intensivo consumo de combustibles fósiles y el severo daño al entorno natural?

CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA, ENERGÉTICA Y AMBIENTAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO

ANTECEDENTES: USO DE LOS RECURSOS NATURALES E IMPACTO AMBIENTAL

ANTES DE LA LLEGADA de los españoles, la ciudad de México, Tenochtitlan, presentaba una gran diversidad de sociedades indígenas, la mayoría de ellas sedentarias. Como todas las culturas asentadas en la tierra de la América precolombina, vivían principalmente de la agricultura. La caza y la pesca constituían los complementos de una dieta dominada por el maíz.

Por lo que respecta a los ecosistemas del mundo prehispánico, las actividades del altiplano giraban en torno a la vida lacustre. Seis grandes lagos rodeaban la urbe de Tenochtitlan. Asimismo, abundantes lluvias acentuaban aún más la relación del hombre prehispánico con el agua y su control. Esta situación propició que se realizaran importantes obras hidráulicas. Existen evidencias muy claras de que estos mexicanos habían aprendido a dominar la afluencia del agua y a convivir con ella y con el resto de los elementos que conformaron sus ecosistemas, haciendo un uso adecuado de los recursos naturales disponibles y realizando sus diversas actividades en condiciones de equilibrio y armonía con el entorno natural.

Después de la caída del imperio azteca, Hernán Cortés decidió fundar en noviembre de 1521 la nueva ciudad (la Nueva España) en el mismo sitio donde se encontraba Tenochtitlan. Los indígenas fueron expulsados hacia las afueras, y dejaron la zona del Templo Mayor y sus alrededores para albergar a los españoles. Desde ese

momento se definieron los límites entre la población indígena y la española. Esta situación permitió, en parte, la sobrevivencia de muchas de las actividades cotidianas de los pobladores originales, que giraban en torno al aprovechamiento y control de los diversos recursos naturales y elementos acuáticos existentes en la localidad. Dichas actividades se enfocaban a la caza, la pesca y la agricultura por chinampas.

La zona destinada a los asentamientos de los españoles fue extendiéndose hasta ocupar, incluso, lugares anteriormente destinados al control hidráulico de la ciudad (por ejemplo las acequias), y terrenos que originalmente habían sido destinados a los nativos del lugar. Fueron múltiples los casos de pobladores españoles que, inconscientemente, cegaron las acequias buscando terrenos para construir, además de desviar los cauces de ríos y arroyos para obtener el vital líquido y usarlo en sus sembradíos de trigo. Por otra parte, al utilizar madera para construir los cimientos de edificaciones en terrenos pantanosos, provocaron una considerable tala de árboles en la región. Asimismo, la quema de grandes áreas boscosas, con el fin de obtener terrenos para la siembra, fue otra situación depredadora que se inició también a partir de la Conquista. Todos estos hechos y la falta de un planteamiento fijo y coherente provocaron el crecimiento anárquico de la ciudad. En poco tiempo empezó a ser evidente una reducción significativa de las aguas que rodeaban a la urbe. Un fenómeno resultante de la situación antes expuesta fue la severa escasez de agua que sufrieron varios pueblos indígenas de los alrededores de la nueva

ciudad, con lo que se vieron afectadas sus actividades económicas y de subsistencia.

Aquella majestuosa metrópoli prehispánica del siglo XVI, rodeada en sus cercanías por las lagunas de México y Texcoco, cruzada por innumerables acequias y con una abundante vegetación, que siempre impresionara tan favorablemente a diversos cronistas españoles, se había transformado radicalmente. A diferencia de nuestros antepasados indígenas, que convivían en armonía y alianza con la naturaleza, en particular con los abundantes recursos naturales y cuerpos hídricos de la región, los españoles buscaron dominar las aguas y sacarlas del valle, con lo cual intensificaron irracionalmente el uso de los otros recursos naturales del lugar.

La nueva ciudad fue desarrollada erróneamente por los españoles con base en el concepto de una metrópoli ubicada en un espacio árido y seco. Como consecuencia del crecimiento desordenado de la ciudad y con el cegamiento de los canales, la deforestación y la quema de áreas boscosas, se provocó un desequilibrio natural de los ecosistemas. Esta situación causó constantes inundaciones, como la de 1629, cuando la ciudad quedó inundada por cinco años, con efectos catastróficos y una alta mortandad en la población.

Con la desecación de muchas acequias de la urbe también fue desapareciendo paulatinamente el medio de transportación fluvial de la antigua ciudad de Tenochtitlan, que se llevaba a cabo a través de los canales. Esta circunstancia dio lugar a la transportación terrestre, a la introducción del caballo y los vehículos de ruedas. Los pavimentos comenzaron a empedrarse a la usanza europea, modificando aún más la imagen que había tenido la ciudad antes del arribo de los españoles.

SITUACION AMBIENTAL ACTUAL: CONTAMINACIÓN, CAUSAS Y EFECTOS

Actualmente la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), con una superficie aproximada de 1 500 km², tiene 23 millones de habitantes, una densidad de 16 000 personas/km², la cual es aún mayor que la de Tokio (14 000 personas/km²), que se considera un centro urbano

densamente poblado. Esto significa que 24% del total de la población en México se concentra en menos de una milésima parte del total de la superficie disponible. En esta ZMCM se consume 20% del total de la energía que se produce en el país; se lleva a cabo 46% de la producción industrial y se genera 36% del producto interno bruto (PIB) (INEGI, 1994; Velázquez, 1992; Dogart, 1992). El consumo de gasolina es casi de 25 millones de litros diarios y de 100 millones de litros de gas (Dogart, 1992). El consumo de estos energéticos es 150 veces mayor que el promedio nacional per cápita, por unidad de superficie (Velázquez, 1992). Como resultado de esta situación la ZMCM ha perdido 73% de sus bosques, 99% de sus lagos y cuerpos de agua se han desecado, 71% del suelo no urbano presenta un severo proceso de erosión (DDF, 1984).

La contaminación que proviene de fuentes móviles (por ejemplo los automóviles) y fuentes fijas (por ejemplo las fábricas y plantas termoeléctricas), así como la proveniente de actividades domésticas y otras de diversa índole en la ZMCM, provoca la emisión de más de 14 000 toneladas de contaminantes al día y 5 millones de toneladas al año, los que a su vez afectan la salud y calidad de vida de sus habitantes (Velázquez, 1992). Con una producción promedio de 1.2 kilogramos de basura por persona al día, los desechos sólidos en la ZMCM son de 27 000 toneladas al día y 10 millones de toneladas al año (INEGI, 1997). Ciertamente, la ZMCM es una de las ciudades más contaminadas del mundo. Respecto a las áreas verdes disponibles, sólo 4.8% de su superficie está cubierta por éstas, cuando el mínimo recomendable para un centro urbano es de 20%. De acuerdo con estos datos, cada habitante de la ZMCM tiene sólo 2.3 m² de áreas verdes, mientras que la Organización Mundial de la Salud recomienda un mínimo de 9 m² de áreas verdes por habitante (SAAD, 1994).

La disponibilidad de agua potable es otro severo problema en la ZMCM. Para 23 millones de personas que viven en esta zona se proporciona un suministro de agua potable de 65 m³/seg. De este volumen, 70% proviene de más de 1 500 pozos de agua locales, situación que provoca hundimientos del suelo (de 10 cm al año, en promedio), lo que a su vez intensifica los movi-

mientos sísmicos, que ocurren frecuentemente en la ZMCM, tal y como ocurrió en 1985. Esto significa que el consumo de agua por persona es de más de 300 litros al día, que equivale a más del doble del consumo de agua en promedio en países desarrollados (150 litros/persona/día). Solamente 5% (3.3 m³/seg) de los 65 m³/seg son tratados y reutilizados para servicios no potables (DGOH, 1995). Esta situación indica claramente que en la ZMCM el vital líquido no ha sido administrado apropiadamente. Con una abundante precipitación pluvial anual de 816.2 mm en la ZMCM existe una absurda contradicción, ya que este gran potencial de agua de lluvia no es aprovechado, hay graves problemas de inundaciones y, al mismo tiempo, esta zona sufre una severa escasez de agua potable, situación que es más evidente y dramática en las áreas marginadas y conurbadas. Estos problemas podrían resolverse con medidas sencillas, aprovechando el agua de lluvia mediante programas para ahorrar y hacer un uso más eficiente de este valioso recurso natural, y estableciendo una nueva cultura del agua entre la población.

En el caso particular de la ZMCM, si el acelerado crecimiento de la población continúa, aunado a un intenso deterioro ambiental, el escenario para el año 2000 es realmente alarmante, ya que una población de más de 25 millones de personas demandarán un suministro de 72 m³/seg de agua potable y producirán más de 30 000 toneladas diarias de basuras. De seguir así, para el año 2010, en la misma ZMCM, 85% de las áreas de bosques y todos los lagos y cuerpos de agua habrán desaparecido. El 90% del suelo no urbano se habrá degradado y todos los recursos provenientes de los acuíferos naturales se habrán agotado totalmente y las áreas verdes por habitante se reducirán a sólo 1.5 m² (DDF, 1984).

brinda la posibilidad de diseñar y construir edificaciones que no requieren acondicionamiento artificial del ambiente para que las condiciones higrométricas sean adecuadas para sus ocupantes durante casi todos los días del año.

Localización

El Distrito Federal fue creado por decreto del Congreso Constituyente el 28 de noviembre de 1824, estableciéndose en él los poderes federales. Los límites geográficos actuales fueron fijados en diciembre de 1898 por el Congreso de la Unión. En diciembre de 1941 la Ley Orgánica del Departamento del Distrito Federal determinó que la ciudad de México era la capital del Distrito Federal. Sin embargo, los límites político-administrativos del DF han sido rebasados ampliamente por la mancha urbana de la ciudad, de tal forma que el área urbana actual se extiende por varios de los municipios circundantes. La suma de estos municipios más el Distrito Federal en su conjunto es denominada Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Toda esta enorme conurbación constituye a la megalópolis más grande del mundo.

El Distrito Federal ocupa una superficie de 1 503 km². En 1980 el área urbana de la ciudad de México abarcaba 1 114 km², mientras que la zona metropolitana tenía 3 230 km². Es decir, que casi 35% de la superficie metropolitana estaba urbanizada o asentada.

Evidentemente esta gran área urbana ocupa un suelo variado en topografía, altitud y características climáticas diversas, de tal forma que el presente estudio se concreta a la ciudad de México, usando la información básica del Observatorio de Tacubaya.

CONDICIONES CLIMÁTICAS EN ZONAS REPRESENTATIVAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Ubicación geográfica

Pocas ciudades del planeta presentan condiciones climáticas tan benignas como la ciudad de México. En efecto, el clima de la capital del país

La ciudad de México se encuentra en la meseta de Anáhuac, también conocida actualmente como la cuenca de México; en su parte central la planicie tiene una altitud aproximada de 2 240 metros de altura sobre el nivel del mar. Su ubi-

cación geográfica se encuentra comprendida entre los paralelos 19° 15' y 19° 30' de latitud norte, y entre los meridianos 99° 00' y 99° 15' de longitud oeste respecto al meridiano de Greenwich.

Situada al oeste del lago de Texcoco, la ciudad de México presenta la particularidad geográfica de estar circundada por una topografía montañosa. Al norte por la sierra de Guadalupe, al oeste por las sierras de San Miguel y Las Palmas, al suroeste por la sierra de Las Cruces Sohuiloya y la sierra del Ajusco (el punto más alto: 3 950 msnm) y al sur la sierra Cuautzin. De los múltiples lagos y ríos que tenía la ciudad de México a su alrededor prácticamente no conserva ninguno. Así, la capital de la república ha perdido 99% de su área lacustre y 73% de sus bosques.

MESOClima DE LA CIUDAD DE MÉXICO

En su mayor parte la ciudad de México presenta un clima templado. El verano es fresco, lluvioso y prolongado y el invierno seco con lluvias escasas; se presenta poca oscilación anual (entre 5° y 7°C) y el clima es de tipo ganges. Su clasificación según Köppen-García (E. García, 1988) es Cb(w1)w(i')g.

En cuanto a su agrupación bioclimática se considera semifrío, ya que la temperatura media del mes más caluroso oscila entre 21° y 26°C y su precipitación total anual entre 650 y 1 000 mm (Fuentes, 1990). Sin embargo la parte oriente de la ciudad presenta descenso de precipitación por debajo de los 650 mm, por lo que esta zona llega a caracterizarse como clima seco; al poniente, las partes altas de la sierra del Ajusco presentan precipitaciones superiores a los 1 000 mm anuales, lo que las convierte en húmedas desde el punto de vista bioclimático.

Temperaturas

La temperatura expresa la cantidad de energía calorífica de un cuerpo, en este caso la del aire. La energía solar es la principal fuente de calentamiento, pero esta energía calienta muy poco a la atmósfera de manera directa. El calentamiento

se da básicamente a partir de la superficie de la Tierra; los rayos solares atraviesan la atmósfera e inciden sobre la superficie terrestre y la calientan. Posteriormente este calor es transferido a la atmósfera, principalmente por convección y conducción. Puede apreciarse que el grado de transparencia de la atmósfera es importante, pero de mayor manera lo son el relieve, la naturaleza del suelo y su cobertura vegetal, es decir, las características físicas de la superficie.

En un área urbana se presentan características de relieve y superficiales muy variadas, con muchos materiales absorbentes y con relativamente poca cobertura vegetal, por lo que el comportamiento térmico está influido por estas variantes urbanas. Debido a estas variables se presentan en las urbes zonas o puntos de mayor calentamiento conocidos como *islas de calor*. En la ciudad de México también se presentan estas islas de calor. Las dos principales se localizan en el centro de la ciudad, prácticamente en el Zócalo, y la otra cerca del circuito interior, entre Reforma y La Raza (Jáuregui, 1971) (véase figura IV.5).

Considerando los datos de temperatura de Tacubaya, el régimen térmico se considera templado con días extremosos, ya que la temperatura media anual de bulbo seco es igual a 15.6°C, y la oscilación de temperatura media diaria es de 13.8°C (NC, 1980). Las oscilaciones térmicas mensuales entre el promedio diario de máxima y mínima son de 16.5°C en marzo y de 10.8°C en septiembre.

La temperatura máxima media es de 23.4°C, sin embargo se han registrado temperaturas de hasta 33.0°C. La temperatura mínima media es de 9.6°C, sin embargo la temperatura ha llegado a descender hasta los -9.5°C.

Existe además un parámetro térmico de gran utilidad en el diseño bioclimático conocido con el nombre de días-grado, el cual nos indica los requerimientos básicos de calefacción o enfriamiento de un lugar. Para la ciudad de México el déficit de grados de temperatura, tomando como base una temperatura mínima de confort igual a 18°C (días grado generales), es de 862.8 dgc de manera anual. Únicamente en los meses de abril y mayo no es necesario el calentamiento ya que

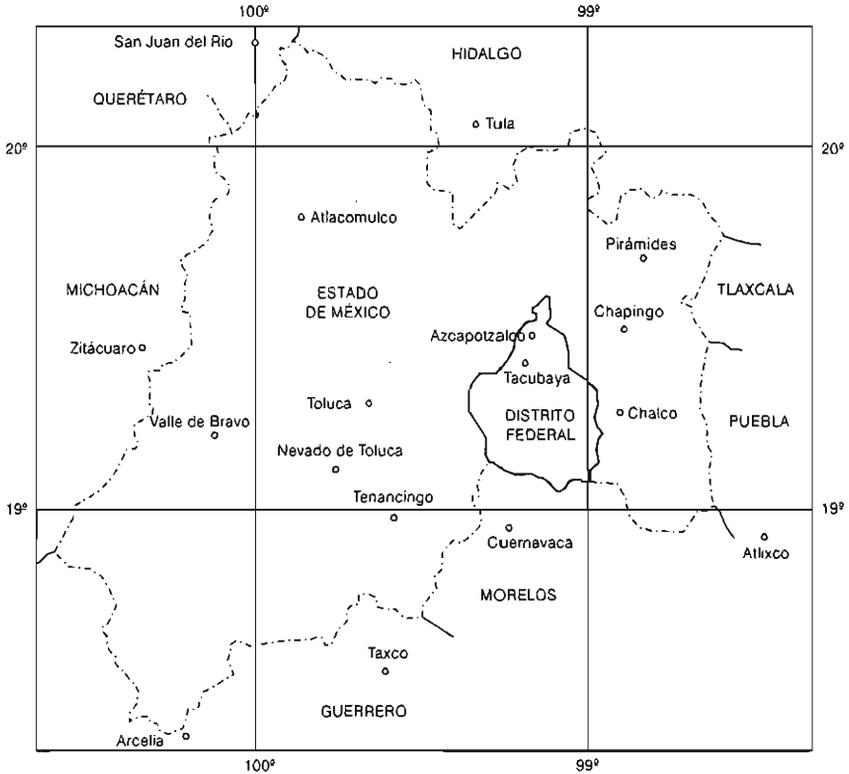


Figura IV.1. Ubicación geográfica del Distrito Federal.

la temperatura media se encuentra igual o por arriba de los 18°C. Los meses con mayores requerimientos de calentamiento son enero y diciembre, con 218.5 dgc.

Por lo que respecta al periodo caluroso, durante todo el año no existe superávit acumulado de días-grado de temperatura para enfriamiento, tomando como base una temperatura máxima de confort de 26°C.

La temperatura óptima de confort para la ciudad de México es de 22.4°C, por lo tanto el rango aceptable de confort es de 19.9 a 24.9°C. De acuerdo con los datos horarios de temperatura, generalmente entre las 13:00 y 18:00 hrs. se encuentra una temperatura confortable, excepto en los meses de marzo, abril y mayo, en los cuales la temperatura llega a sobrepasar la zona de confort entre las 14:00 y las 17:00 horas.

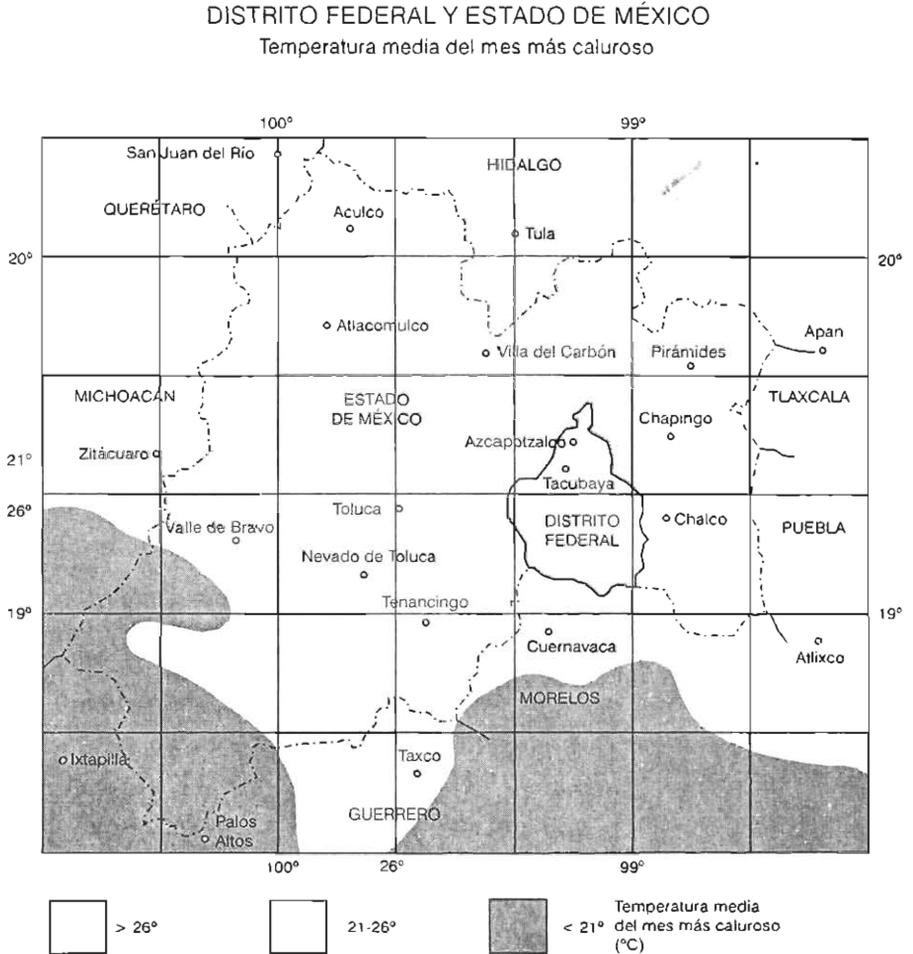


Figura IV.2. Zonas bioclimáticas por temperatura en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México

DISTRITO FEDERAL Y ESTADO DE MÉXICO

Precipitación pluvial total anual

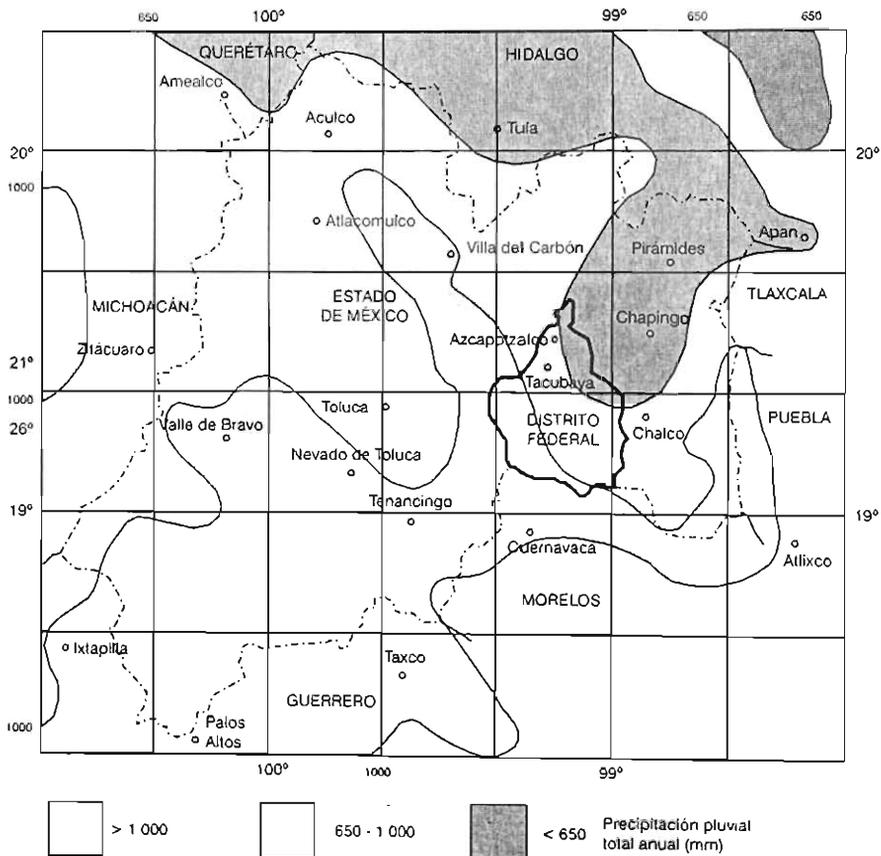


Figura IV.3. Zonas bioclimáticas por precipitación pluvial en la ZMCM

DISTRITO FEDERAL Y ESTADO DE MÉXICO

Agrupación bioclimática

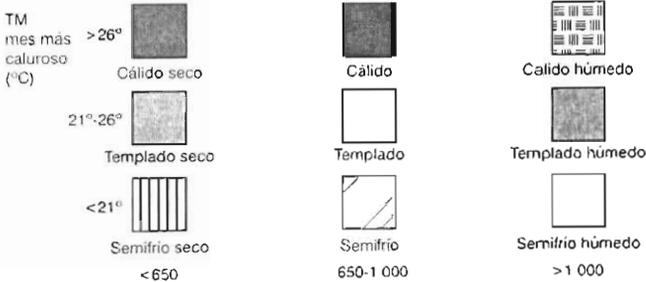
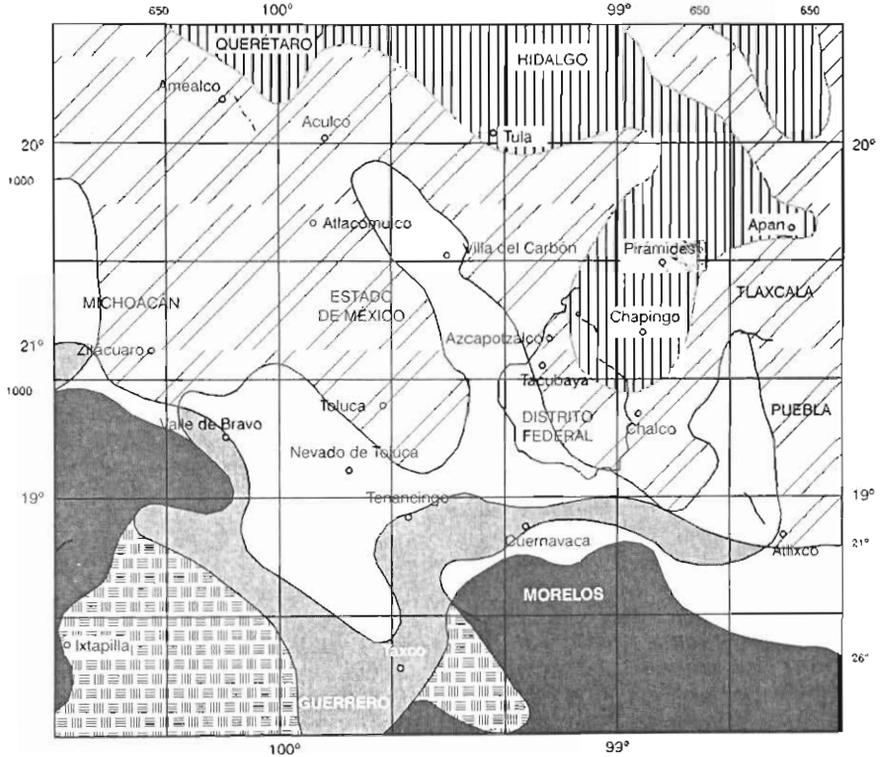


Figura IV.4. Agrupación bioclimática en la ZMCM

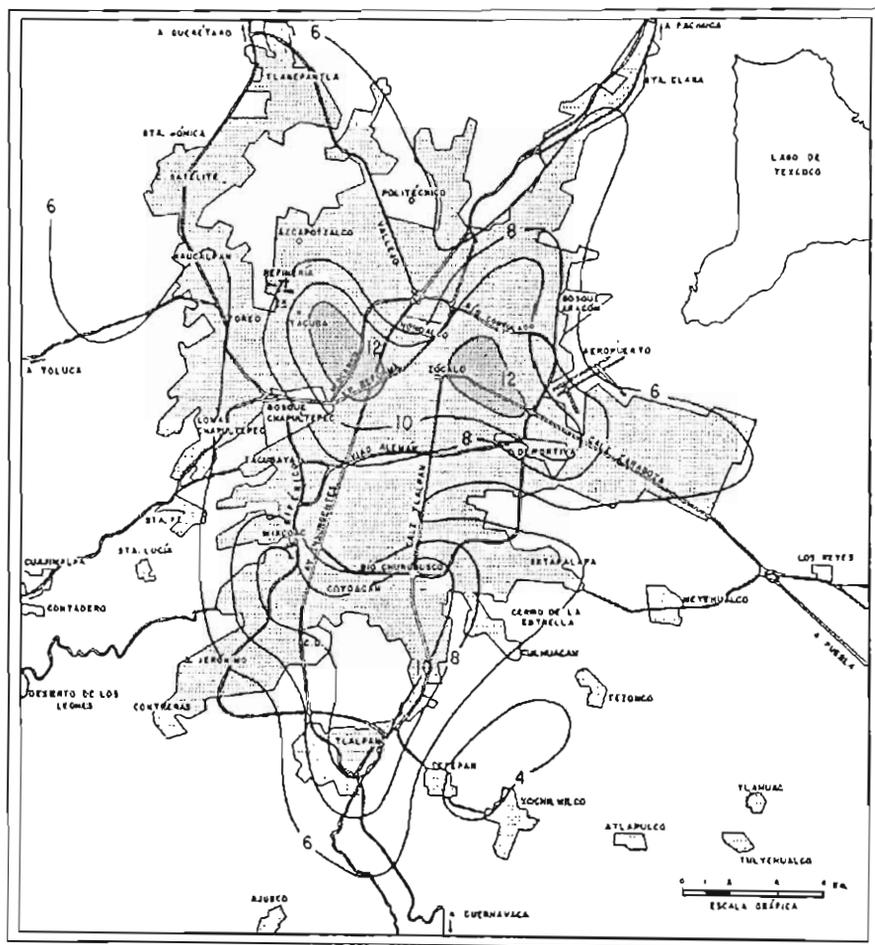


Figura IV.5. Islas de calor, temperatura mínima promedio en mayo (°C)

PRECIPITACIÓN Y HUMEDAD

Las principales fuentes de humedad son las áreas verdes, los cuerpos de agua y la precipitación pluvial. En la ciudad de México las áreas verdes están disminuyendo gradualmente con los procesos de urbanización, los cuerpos de agua han disminuido drásticamente y los materiales constructivos y sistemas urbanos, en su mayoría impermeables, menguan la recarga acuífera del subsuelo y reducen las horas de evaporación en los periodos de lluvia. De tal forma que la humedad en la ciudad es menor que en las áreas rurales circundantes.

En la ciudad de México la precipitación total anual es de 816.2 mm; la máxima registrada en una hora es de 57 mm y la máxima en 24 horas es de 79.3 mm. La época de lluvias se presenta de mediados de mayo a mediados de octubre y la época de secas de mediados de octubre a mediados de mayo.

La humedad relativa media anual es de 59.7%. La humedad relativa máxima media es de 79.3% mientras que la mínima es de 40.1. La presión atmosférica media es de 774.2 hPa (aproximadamente 580 mmHg).

El índice de aridez medio anual es de 1.2, lo cual indica que es un sitio con precipitación abundante. Los meses con superávit en precipitación (meses húmedos) son de junio a octubre, mientras que el resto del año se presenta un déficit de precipitación (meses secos).

RADIACIÓN SOLAR E INSOLACIÓN

La radiación solar que llega al planeta está determinada por la distancia en que se encuentra la Tierra respecto al Sol y al grado de actividad solar. Sin embargo, de manera genérica se acepta una "constante solar" como el valor medio de radiación recibida fuera de la atmósfera terrestre. Este valor medio es de 1 353 W/m². Esta radiación extraterrestre tiene que atravesar toda la capa atmosférica para llegar a la superficie de la Tierra, por lo que la cantidad de radiación recibida dependerá del espesor de atmósfera que tuvo que atravesar, así como de las

características y componentes atmosféricos, básicamente: el contenido de humedad, la nubosidad, el contenido de CO₂, las partículas suspendidas y otros contaminantes. En un ambiente urbano estos últimos elementos desempeñan un papel importante en la disminución de la radiación solar recibida a ras de suelo, por un lado, y en la acumulación de calor atmosférico, por el otro.

La radiación solar global promedio en la ciudad de México es de 665.8 W/m² o 572.48 kcal/m². El mes de marzo es el que presenta mayor radiación con 797.0 W/m² o 685.29 kcal/m² (Fernández, 1983). El porcentaje anual de la intensidad disponible respecto a la máxima posible en días despejados (sin contaminación) es de 69%. La duración de insolación anual es de 1 978.2 horas y el promedio diario anual es de 5.4 horas. El valor máximo mensual suele presentarse en marzo o adelantarse en enero o febrero, mientras que el valor mínimo se presenta en septiembre. El porcentaje anual de la duración de la insolación real respecto a la máxima posible en días despejados es de 45%. Los días nublados representan 36.0%; los medio nublados 40.4% y los despejados 23.6%. Debido a los altos índices de contaminación atmosférica en la ciudad de México, principalmente por dióxido de azufre, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, plomo y fluoruros, la radiación solar resulta predominantemente difusa; considerando además la nubosidad media anual se obtiene un registro final del valor de la radiación solar global menor de 50 por ciento.

Ángulos de geometría solar

Además de la altitud a la que se encuentra una población, la latitud es uno de los factores más determinantes del clima. La ciudad de México se encuentra dentro del trópico de Cáncer, por lo que el Sol llega a sobrepasar el cenit de la bóveda celeste, concluyendo su recorrido en verano con orientación norte. Es decir que las fachadas norte de los edificios sí reciben asoleamiento en verano, incluso al mediodía. A pesar de que el ángulo de incidencia solar es bajo, éste

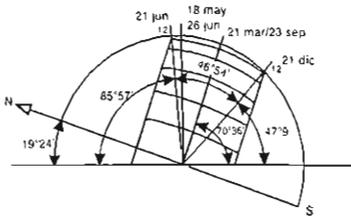


Figura IV.6. Ángulos solares a las 12:00 horas

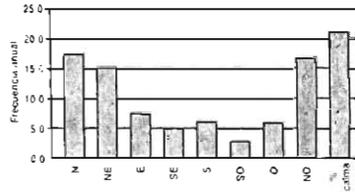


Figura IV.7. Frecuencia de viento anual

es un factor importante para considerar en el diseño de las edificaciones.

La máxima elevación del Sol (cenital) en la ciudad de México ocurre alrededor del 18 de mayo y 26 de julio con un ángulo de 90° . El 21 de junio el Sol alcanza su declinación máxima (posición al norte con una altura de 94° respecto al plano de horizonte, a partir del sur). El 21 de diciembre el Sol alcanza su altura máxima, con un ángulo de 47° , al mediodía solar.

Viento

Por su ubicación geográfica, la meseta central tiene la influencia de los vientos alisios, es decir, vientos provenientes del noreste; sin embargo, la intensidad de éstos se ve disminuida y en ocasiones alterada en su dirección por la serie de cadenas montañosas que rodean el valle de México. En el centro de la ciudad la intensidad de los vientos es reducida aún más por la obstrucción que presentan los edificios, principalmente los de gran altura. Adicionalmente a esta disminución provocada por los edificios, también hay que considerar que las edificaciones urbanas provocan cambios de dirección de los vientos, canalizaciones y turbulencias, tanto mecánicas como térmicas, es decir, turbulencias propias del choque del viento con un obstáculo, como aquéllas provocadas por efectos térmicos convectivos de las masas de aire.

De cualquier forma, estos vientos locales de tipo urbano se verán neutralizados ante la pre-

sencia de vientos generales regionales intensos, los cuales sobrepasan las barreras montañosas y constructivas, "barriendo" la atmósfera citadina y limpiando el aire de contaminantes.

El viento presenta una dirección predominante anual norte, con variación al noreste y una velocidad media de 1 m/seg. En enero, la dirección predominante es este, con una velocidad de 0.7 m/seg; en mayo la dirección predominante es norte, con una velocidad de 1.2 m/seg (AARM, 1976). El porcentaje de calmas anuales es aproximadamente de 22 por ciento.

De acuerdo con los datos horarios de viento en 1981, se puede apreciar que la actividad de los vientos se presenta principalmente a partir de las 10:00 hrs., y la mayor actividad alrededor de las 15:00 hrs. En las primeras horas del día y la madrugada predomina la calma.

Es conveniente mencionar que debido a la urbanización los vientos predominantes en la ciudad de México pueden cambiar drásticamente de dirección y velocidad (J. R. García, 1995).

La influencia de las áreas urbanas en el clima es determinante; los complejos construidos de la mancha urbana constituyen una interrupción significativa de la conformación natural del paisaje, modificando sustancialmente los elementos climatológicos. Los procesos de combustión y otras transformaciones industriales de energía, comerciales y domésticas, hacen de nuestra ciudad un generador de excesivas cantidades de calor; éstas, aunadas al alto contenido de partículas contaminantes en suspensión, alteran el equilibrio natural del clima.



CUADRO IV.1. Datos climáticos, Observatorio de Tacubaya

TACUBAYA		1951-1980
Clima	c(kaw)hw(t)g	
Bioclima	Semi frío	
Latitud	19°24'	
Longitud	99°12'	
Altitud	2 308 msnm	

Fic.	Parámetros	U	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Annual
Temperaturas															
A	Máxima extrema	°C	29.4	29.0	32.5	33.0	32.8	32.8	30.0	27.7	28.5	28.9	29.3	26.4	33.0
A	Máxima	°C	21.2	22.9	25.7	26.6	26.5	24.6	23.0	23.3	22.3	22.2	21.8	20.8	23.4
A	Media	°C	12.9	14.5	17.0	18.0	18.1	17.2	16.0	16.3	15.7	15.1	14.0	12.9	15.6
A	Mínima	°C	5.8	7.1	9.2	10.8	11.7	12.2	11.5	11.6	11.5	9.8	7.9	6.6	9.6
A	Mínima extrema	°C	-9.5	-4.4	0.5	4.0	1.1	7.0	5.3	6.4	1.6	1.1	-0.8	-1.3	-9.5
D	Oscilación	°C	15.4	15.8	16.5	15.8	14.8	12.4	11.5	11.7	10.8	12.4	13.9	14.2	13.8
Humedad															
A	Temp. bulbo húmedo	°C	8.1	9.1	10.2	11	12.1	13	12.7	13	12.6	11.2	9.9	8.5	11.0
D	H.R. máxima	%	72	65	64	63	79	81	92	93	90	83	88	81	79.3
A	H.R. media	%	55	50	46	47	54	64	70	71	71	66	62	60	59.7
C	H.R. mínima	%	38	35	28	31	29	47	48	49	52	49	36	39	40.1
A	Tensión de vapor	mb	8.2	8.1	8.7	9.6	11.2	12.8	13.2	13.3	13.3	11.8	10.2	9.2	10.8
A	Evaporación	mm													
Presión															
A	Media	hp	773.9	773.7	773.3	773.7	773.9	773.9	774.8	774.8	773.9	774.7	774.8	774.5	774.2
Precipitación															
A	Media	mm	11.0	4.3	10.1	25.9	56.0	134.8	175.1	169.2	144.8	66.9	12.1	6.0	816.2
A	Máxima	mm	99.8	23.0	62.0	99.8	149.0	358.6	306.2	334.2	317.8	167.5	100.9	33.7	358.6
A	Máxima en 24 hrs.	mm	32.9	18.1	20.8	39.1	50.8	71.2	53.5	79.3	73.0	57.1	41.1	15.1	79.3
A	Máxima en 1 hr.	mm	7.6	7.3	10.0	35.3	41.5	45.3	53.5	36.5	57.0	46.5	18.0	5.4	57.0
A	Mínima	mm	0.1	0.5	0.8	0.8	14.3	29.0	62.1	60.8	38.6	0.3	0.7	0.2	0.1
Días grado															
D	Días grado general	dg	-158.1	-98.0	-31.0	0.0	0.0	-24.0	-62.0	-52.7	-69.0	-89.9	-120.0	-158.1	-862.8
D	Días grado local	dg	-218.5	-152.6	-91.4	-58.5	-57.3	-82.5	-122.4	-113.1	-127.5	-150.3	-178.5	-218.5	-1 571.1

Arquitectura y medio ambiente en la ciudad de México

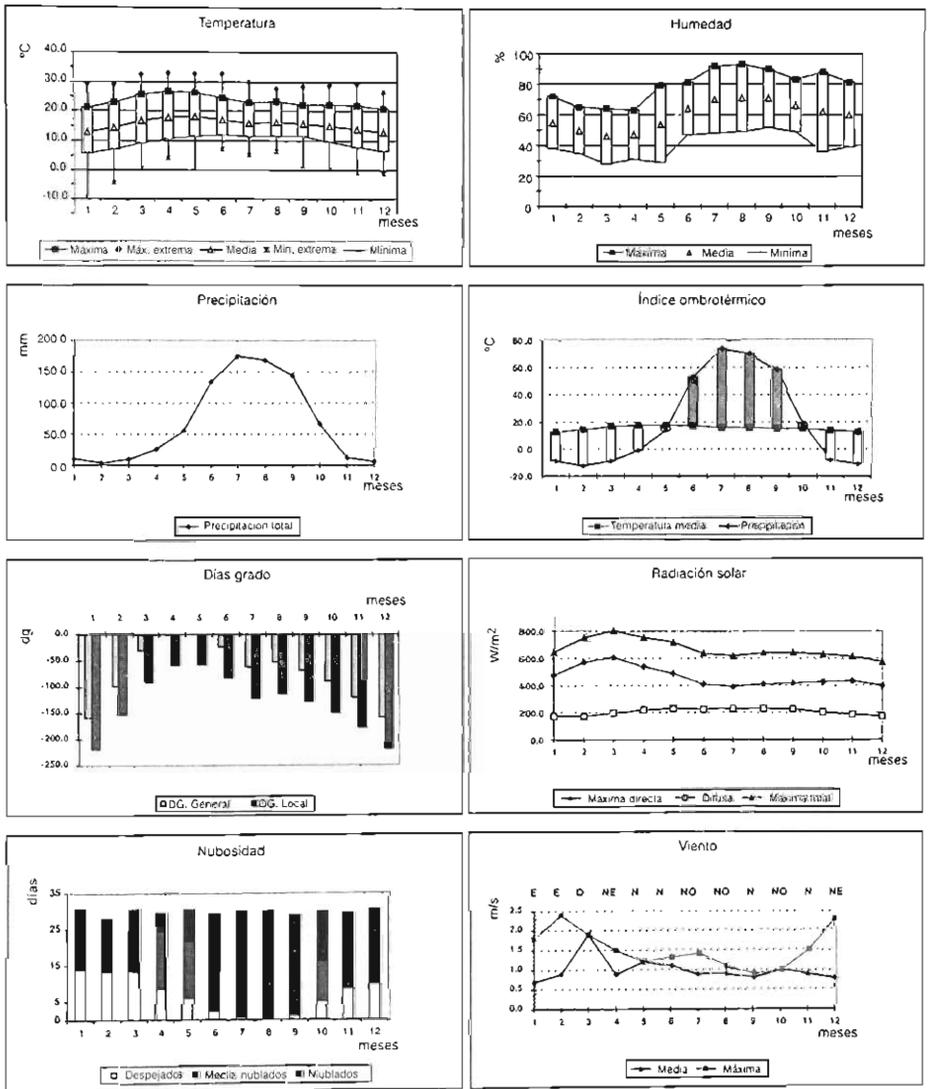


Figura IV.8. Gráficas climáticas. Observatorio de Tacubaya, 1951-1980

RADIACIÓN

TACUBAYA, D.F.

Latitud:	19°24'
Longitud:	99°12'
Merid. de ref.	90°00'
Altitud:	2 308

Mes/Horas	U	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Suma	Promedio
Enero	MJ/m ²	0.00	0.33	0.97	1.62	2.11	2.38	2.40	2.20	1.81	1.26	0.61	0.00	15.69	1.43
Febrero	MJ/m ²	0.00	0.43	1.08	1.77	2.33	2.65	2.71	2.53	2.15	1.62	0.88	0.00	18.15	1.65
Marzo	MJ/m ²	0.00	0.63	1.33	2.00	2.53	2.84	2.92	2.79	2.47	1.94	1.10	0.00	20.55	1.87
Abril	MJ/m ²	0.00	0.90	1.78	2.49	2.99	3.26	3.31	3.12	2.69	2.03	1.23	0.00	23.80	2.16
Mayo	MJ/m ²	0.00	0.85	1.49	2.01	2.37	2.52	2.46	2.24	1.93	1.53	0.88	0.00	18.28	1.66
Junio	MJ/m ²	0.00	0.69	1.48	2.04	2.33	2.43	2.40	2.25	1.94	1.47	0.98	0.00	18.01	1.64
Julio	MJ/m ²	0.00	0.60	1.22	1.68	1.95	2.05	2.03	1.88	1.61	1.21	0.79	0.00	15.02	1.37
Agosto	MJ/m ²	0.00	0.70	1.29	1.78	2.10	2.24	2.19	1.99	1.70	1.34	0.82	0.00	16.15	1.47
Septiembre	MJ/m ²	0.00	0.48	0.99	1.40	1.65	1.76	1.74	1.59	1.34	0.98	0.59	0.00	12.52	1.14
Octubre	MJ/m ²	0.00	0.78	1.42	1.98	2.39	2.56	2.50	2.24	1.86	1.34	0.41	0.00	17.48	1.59
Noviembre	MJ/m ²	0.00	0.68	1.41	2.08	2.55	2.76	2.68	2.39	1.91	1.20	0.00	0.00	17.66	1.61
Diciembre	MJ/m ²	0.00	0.50	1.08	1.67	2.15	2.41	2.41	2.17	1.72	1.06	0.00	0.00	15.17	1.38
Anual	MJ/m²	0.00	0.63	1.30	1.88	2.29	2.49	2.48	2.28	1.93	1.42	0.69	0.00	17.37	1.58

FUENTE: Irradiación solar global en la república mexicana, valores horarios medios, Ignacio Galindo Estrada, Pue., UNAM, 1996.

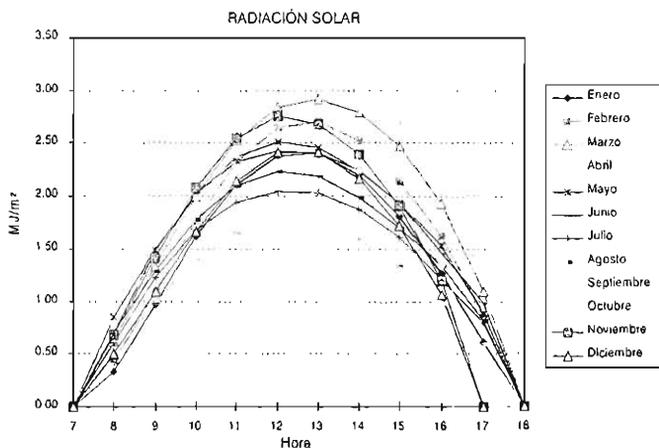


Figura IV.9. Gráficas de radiación solar horaria

CUADRO IV.2. Viento promedio, Observatorio de Tacubaya

VIENTO

TACUBAYA, D.F.	
Latitud:	19°24'
Longitud:	99°12'
Merid. de ref:	90°00'
Altitud:	2 308

Mes		N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	% Calmas	Prom.	Máx.
Enero	f	11.2	13.0	13.1	4.2	7.3	2.9	5.1	12.1	31.1	1.1	1.8
	v	0.7	0.7	0.7	0.9	1.5	1.8	1.7	1.1			
Febrero	f	10.0	13.8	14.6	6.4	8.9	6.5	11.3	8.4	20.1	1.4	2.4
	v	0.9	0.9	0.9	1.1	2.1	2.4	1.9	1.3			
Marzo	f	9.1	12.8	13.1	8.9	10.2	9.8	13.4	11.6	11.1	1.4	1.9
	v	0.6	0.9	1.1	1.6	1.6	1.8	1.9	1.4			
Abril	f	13.5	17.2	11.7	5.1	10.3	3.9	7.7	16.0	14.6	1.2	1.5
	v	1.0	0.9	0.9	1.1	1.2	1.3	1.5	1.3			
Mayo	f	24.4	21.6	7.3	4.2	3.9	3.3	5.7	13.1	16.5	1.1	1.2
	v	1.2	1.1	1.0	0.8	1.2	1.2	1.1	1.1			
Junio	f	23.1	19.8	6.5	3.1	8.5	1.8	3.8	12.2	21.2	1.1	1.3
	v	1.1	1.0	0.8	1.2	1.1	1.0	1.3	1.0			
Julio	f	18.9	10.0	4.5	3.6	6.4	0.5	2.7	26.4	27.0	1.0	1.4
	v	1.0	0.8	0.9	1.3	1.4	0.5	0.9	0.9			
Agosto	f	23.0	15.4	5.3	3.3	4.8	0.9	3.7	23.4	20.2	0.9	1.1
	v	0.9	0.8	1.1	1.0	0.9	0.7	1.0	0.9			
Septiembre	f	26.4	11.2	5.8	2.6	2.9	1.3	4.9	22.6	22.3	0.8	0.9
	v	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.9	0.8	0.7			
Octubre	f	21.0	16.5	4.7	3.1	1.7	0.9	2.5	25.2	24.4	0.8	1.0
	v	1.0	0.9	0.6	0.9	0.6	0.9	0.7	1.0			
Noviembre	f	22.3	15.6	6.1	3.9	4.2	1.4	3.8	20.4	22.3	1.0	1.5
	v	0.9	0.7	0.7	1.1	1.0	1.5	1.0	0.9			
Diciembre	f	8.0	13.5	11.3	8.1	7.5	1.9	3.9	12.5	33.3	1.2	2.3
	v	1.2	0.8	0.7	0.9	1.8	2.3	1.0	0.9			
Annual	f	17.6	15.0	8.7	4.7	6.4	2.9	5.7	17.0	22.0	1.1	2.4
	v	0.9	0.9	0.9	1.1	1.3	1.4	1.2	1.0			

f	%
v	m/seg

FUENTE: Atlas del agua de la república mexicana, México, SRAI, 1976.

Caracterización climática, energética y ambiental

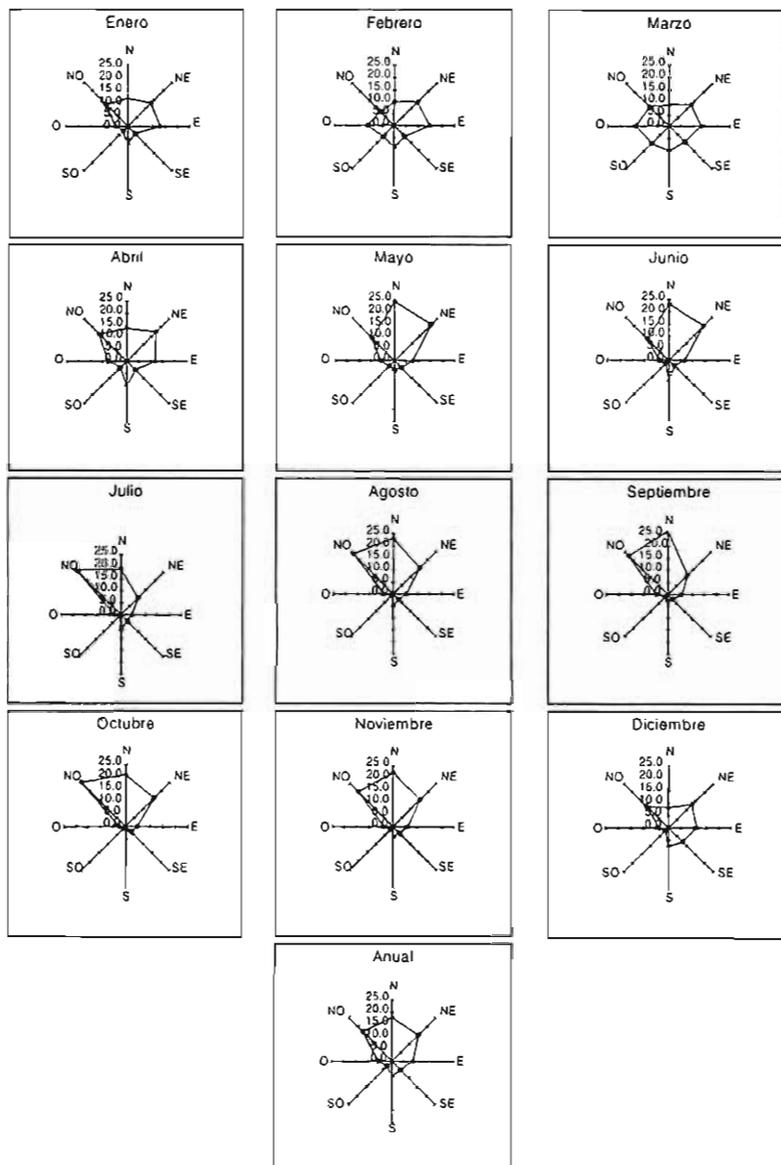


Figura IV.10. Gráficas de viento, Observatorio de Tacubaya

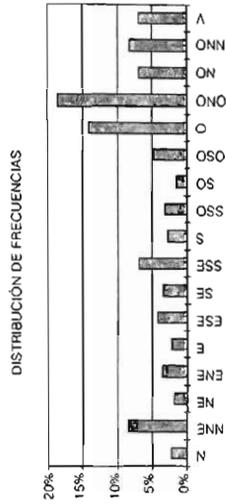
VELOCIDAD m/seg

Hora	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	Médis	Media	Domina te		
1											0.9	0.5	0.5	0.3	0.5	1.2	0.5	0.5	0.3	0.5	0.8	0.6	0.8	1.2	0.5	0.5	0.5		
2														0.6	0.5	2.0	2.1	2.2	2.1	1.6	0.8	0.6	0.8	1.2	0.5	1.3	1.5		
3	1.3	0.7			0.3						0.5	2.3	3.5	1.8	3.0	2.7	3.0	3.1	2.2	2.0	0.2	0.2	0.3	0.6	0.3	1.7	2.5		
4	0.6	0.2	0.2	0.2	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.4	1.7	3.0	3.3	3.2	2.5	2.7	1.0	0.5	0.5	0.2	1.6	0.2	1.2	2.7			
5	1.4	0.8	0.4								0.7	0.5	1.5	2.6	3.6	3.5	0.6	0.8	1.9	2.4	2.3	2.4	0.4	0.7	0.6	1.6	2.4		
6	0.2	1.0	0.2	0.3	0.7	1.3					0.5	0.4	0.7	0.9	0.5	1.6	2.3	2.0	1.9	2.5	2.2	2.9	2.5	2.1	0.7	1.3	1.9		
7	1.3	1.1	0.8	0.4							0.5	0.7	0.5	0.8	1.8	2.3	3.0	2.4	1.6	0.6	0.8	1.1	0.2	0.2	0.8	1.1	1.0		
8	0.2	0.4	0.2	0.2	0.2		0.3	0.5			0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.1					0.6	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4		
9	0.3										0.4	0.5	1.1	0.4	0.6	2.2	1.7	1.2	2.2	1.3	1.8	1.1	0.3	0.6	0.4	1.1	1.7		
10																													
11	1.1	0.9	0.5	0.5	0.5	0.3				0.5	0.5	0.5	1.6	0.5	0.6	1.2	0.5	1.6	1.6	0.5	0.7	0.8	1.1	0.3	0.5	0.8	1.0		
12			0.2	0.2	0.2	0.2					0.4	0.5	1.7	3.3	3.5	3.0	1.7	2.0	2.5	2.4	2.1	1.1	1.3	1.2	1.1	0.7	1.7	1.9	2.1
13			1.7	1.3	2.3	0.2					0.5	0.4	1.4	0.9	0.7	2.3	2.4	2.5	2.0	1.7	2.2	1.3	1.2	0.9	0.9	1.5	1.9		
14	0.2	0.5	0.3	0.4	0.4						0.3	0.5	0.5	1.0	1.3	0.6	1.0		0.5	0.5	0.7	1.2	1.3	0.5	0.7	1.2			
15	0.8	0.5	0.3	0.4	0.4						0.6	0.5	0.5	0.5	0.9	1.2	1.0	2.2	1.2	0.3	0.3	0.7							
16	1.3	0.2	0.2						0.6		0.5	0.5	3.8	3.5	3.4	2.7	3.5	2.3	1.8	0.3	0.3	0.5	0.4	0.5	0.5	1.9	2.1		
17				0.6	2.7	3.3	1.7	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.8	1.5	0.7	1.6	1.0	1.4	1.6	0.8	0.2	0.9	0.5	1.1	2.5		
18			1.1	1.2	0.2	0.2	0.4	0.3			0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.6	1.8	2.1	2.5	2.6	1.8	1.2	0.8						
19	1.9	1.1	1.2	0.2	0.2	0.4					0.6	0.5	0.5	3.2	3.4	2.1	3.0	2.6	2.9	2.7	2.4	0.3							
20											0.2	0.2	0.9	0.4	0.3	0.7	0.3	0.5	0.8	2.5	2.6	2.8	1.6	0.5	0.5	1.3	2.2		
21			0.3								0.2	0.2	0.5	0.2	0.4	0.2	1.6	0.5	1.4	2.4	2.2	0.6							
22			0.6	0.4	0.2	0.3					0.5	0.5	0.7	0.9	0.2	1.5	0.8	1.7	2.2	0.4	1.2	1.4	2.1	2.1	0.5	1.1	1.8		
23	0.7	0.6	0.4	0.2	0.3						0.5	0.6	0.5	1.4	1.1	1.7	1.6	0.7	0.5	1.9	1.2	1.8	2.0	1.6	0.5	1.2	1.2		
24									0.5		0.4	0.5	0.5	0.6	1.0	0.8	0.9	2.0	0.9		0.1	0.4	0.4	0.5	0.7	0.7			
25	1.8	1.4	0.3	0.1							0.5	0.7	0.8	0.5	0.6	2.0	2.4	2.3	1.6	0.6	1.9	2.1	2.0	1.9	0.5	1.4	2.0		
26	0.8	0.7	0.5	0.8							0.4	0.5	0.7	0.8	0.5	0.6	2.0	2.4	1.3	0.9	0.5	3.1	3.2	2.1	0.9	1.4	2.1		
27											0.4	0.5	0.5	1.4	0.7	1.5	2.0	2.4	1.3	0.9	0.5	3.1	3.2	2.1	0.9	1.4	2.1		
28	1.9	1.0	2.2	1.4	0.9	1.3	0.9				0.2	0.6	2.5	2.0	2.4	1.6	2.2	2.4	1.3	0.5	0.8	0.3	0.3	0.3	0.3	1.2	1.5		
29	1.2	0.8	0.6								0.5	1.6	8.2	9.1	10.2	2.8	1.3	2.1	0.5	0.7	0.8	0.8	0.6	0.5	3.2	2.7			
30														0.5	1.1	0.5		0.5	0.5	1.2	0.9	0.3	1.5	1.1	0.5	0.8	1.2		
31																													
1.1	0.8	0.6	0.6	0.6	0.6	1.1	0.9	0.5	0.6	0.7	0.6	1.0	1.2	1.4	1.5	2.0	1.8	1.7	1.5	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	0.5	1.2	1.7		

TOTAL	744	100%
REGISTROS	4%	100%
	66.7%	

RANGOS DE VELOCIDAD	
Calmas	33.3%
0.5	38.9%
1	20.4%
1.5	12.2%
2	10.9%
2.5	10.5%
3	3.6%
>3	4.8%
	100.0%

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS	
N	11 2.2%
NNNE	47 8.5%
NE	9 1.8%
NNE	18 3.6%
E	11 2.2%
ESE	21 4.2%
SE	17 3.4%
SSE	34 6.9%
S	14 2.8%
SSO	16 3.2%
SO	8 1.6%
OSO	24 4.8%
O	70 14.1%
ONO	92 18.5%
NO	34 6.9%
NNO	41 8.2%
V	34 6.9%
	498 100.0%



FUENTE: Dirección General del Servicio Meteorológico Nacional. Datos procesados por el Laboratorio de Diseño Bioclimático. UAM-Azcapotzalco.

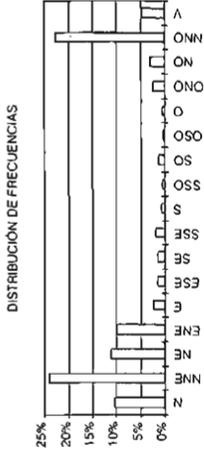
VELOCIDAD m/seg

Hora	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	Moda	Media	Domir- nante			
1		0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.5	0.3	2.3	2.1	1.7	0.6	1.9	0.8	1.3	0.5	0.5	0.8	0.4			
2	0.5	0.6	1.3	0.6	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	1.0	1.6	1.6	1.6	1.7	2.4	1.6	1.7	1.3	2.8	0.5	0.9	1	0.5	0.3	0.3	1.0	0.6			
3	0.2	0.4	0.2			0.3	0.6	0.5	0.9	1.5	1.0	1.7	1.7	2.4	1.6	1.7	2.4	1.6	1.7	1.3	1.7	1.4	0.6	0.5	0.5	1.7	1.0	1.4		
4	0.5		0.6	0.5						0.3				0.5	0.4	1.2	1.3	0.9	1.5	1.4	0.5	0.3	1	0.5	0.8	0.8	0.5			
5											0.5	0.5	0.7	1.6	1.7	1.6	2.2	2.6	2.4	1.7	1.4	1.4	1.4	1.5	1.4	1.5	1.7			
6	1.9	1.1	1.2	1.0	1.1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	1.0	2.0	2.2	3.1	1.6	0.7	1	0.8	0.6	0.5	0.5	1.0	0.7	1.0	0.7			
7	0.4	0.9	1.4	0.4	0.5	0.3		0.2	0.5	0.5	0.2	1.0	0.6	0.8	1.1	1.1	1.5	2.3	2.1	1	0.9	0.6	0.6	0.6	0.8	0.9	0.5			
8	0.9	0.5			0.4					0.4	1.1	1.0	1.3	1.3	1.3	1.3	0.6	0.5	0.4	0.5	1.6			0.5	0.9	0.9	0.7			
9											0.5	0.5	0.5	0.2	0.3	3.9	2.7								0.5	1.4	0.5			
10												0.5	0.5	0.6	1.0	1.2	1.3	1.8	1.8	2	0.8				0.5	1.2	0.8			
11	0.3	0.3									0.5	0.5	0.4	0.3	0.6	0.9	0.8	0.9	3.6	4.8	1.4				0.3	1.2	0.7			
12										0.4	0.4	0.4	1.3	1.4	1.6	2	1.2	2.5	2.5	0.8	1.1	0.5	0.9	0.4	1.2	1.3				
13	0.6	0.9	0.5							0.3	0.4	0.5	0.8	0.4	1.1	1.2	1.5	2.2	1.1		0.3	0.4			0.4	0.8	1.2			
14										0.5	0.3	0.5	0.6	0.7	1.9	1.3	1.8	0.5	1.3	1					0.5	0.9	1.1			
15		0.9	0.7	0.3		0.4	0.3			0.5	0.5	0.5	0.8	0.3	0.9	0.6	1.2	1.4			0.5				0.5	0.6	0.5			
16											0.5	0.5	0.5	0.5	1.7	0.4	0.5				0.5	0.5	1.1	0.4	0.5	0.7	1.1			
17	0.3	0.5	0.6	0.5	0.4					0.8	1.3	1.0	0.7	1.4	0.7	0.9	1.5	1.3	1.6	1.8	2.4	2.5	1.4	1.1	0.4	0.3	0.5	1.1	1.1	
18	0.3				0.5					0.4	0.3	0.4		0.5	1.2	1.6									0.5	0.6	0.7			
19											0.5	0.5	0.5	0.5	1.2	1.9	0.3	0.4							0.4	0.5	0.6	1.0		
20										0.5	0.6	1.2	1.4	0.5	1.2	1.6	1.9								0.3	0.4	0.2	0.5	0.9	1.0
21	0.5										0.4	0.4	0.4	1.0	1.5	0.9	3	1.8	2						0.4	1.1	1.8			
22											0.5	0.6	0.8	0.4	0.3	1.3	1.5	1	0.6							0.6	0.8	1.1		
23	0.5	0.5	0.5							0.5	0.4	0.5	0.5	1.3	1.4	0.6	2.3	2	0.6	0.5					0.3	0.5	0.5	0.9	0.7	
24	0.5	0.5	0.5							0.4	0.4	0.6	0.9	0.6	0.6	1	1.7	2.5	1.2	0.6					0.7	0.2	0.6	0.8	0.7	
25	0.5	0.5	0.2	0.1	0.2	0.1	0.4	0.6	0.9	1.0	0.7	0.7	0.9	1.3	1.9	2.9	2.1	1.8	1.7	0.9	1.1	0.6	0.7	0.6	0.6	0.8	0.9	1.1		
26	0.4	0.3	0.7	0.7	1.1	0.4	0.5	0.5	0.6	0.5	0.7	0.9	0.5	1.6	2.3	0.9	1.9	0.5	2.5	1.6	1	0.6	0.4	0.3	0.5	0.9	0.5			
27	0.4	0.5	1.1	1.1	0.6	0.5	0.7	0.4	0.5	0.4	0.5	0.6	0.6	0.9	2	0.8									0.3	0.5	0.7	0.7		
28	0.3	0.2	0.3	0.3	0.6	0.3	0.7	1.1	0.5	0.5	0.3	0.6	0.6	0.6	2.1	1.2	1.2	0.7	0.5	1	0.3				0.5	0.5	0.7	0.7		
29	0.4	0.2	0.5							0.8	0.6	0.4	0.5	0.3	0.9	0.4	0.8	1.2	1.3	1.1	1.6	0.4	0.5	1.1	1	0.6	0.6	0.5	0.2	0.7
30	0.7	0.3	0.4	0.9	1.5	1.0	0.6	0.6	0.7	0.8	0.7	0.7	0.6	1.0	0.4	1.0	2.5	2.2	1.9	1.9	0.6	1.2	0.4	0.4	0.4	0.4	1.0	1.0		
	0.5	0.5	0.7	0.6	0.6	0.4	0.5	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6	0.7	0.9	1.2	1.2	1.6	1.7	1.5	1.5	1.1	0.8	0.6	0.5	0.6	0.9	0.9			

TOTAL	720	100%
REGISTROS	484	67.2%

RANGOS DE VELOCIDAD	
CALMAS	136
0.5	205
1	130
1.5	70
2	48
2.5	22
3	4
>3	5

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS	
N	51
NNN	117
NNE	54
ENE	69
E	12
ESE	7
SE	7
SSE	9
S	4
SSO	3
SO	6
O	3
ONO	12
NO	15
NNO	110
V	23
	484
	100.0%



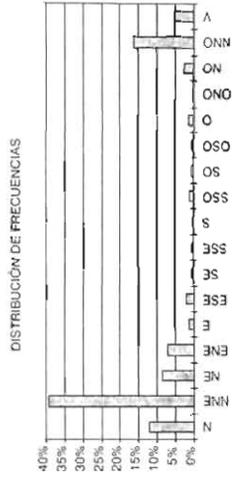
FUENTE: Dirección General del Servicio Meteorológico Nacional. Datos procesados por el Laboratorio de Diseño Bioclimático, UAM-Azacapalco.

VELOCIDAD m/s/seg

Hora	01	12	23	34	45	56	67	78	89	910	1011	1112	1213	1314	1415	1516	1617	1718	1819	1920	2021	2122	2223	2324	Media	Medis	Dominante	
1													0.3	0.4	1.2	1.2	2.1	1.9	0.6	1.7						1.2	1.2	1.4
2	0.4		0.8	0.7					0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	1.1	0.6	0.7	2.3	0.5	0.4	1.8	2.1	0.7	0.5		0.5	0.8	0.6	
3											0.3	0.3	0.3	0.3	2.7	1.6	1.4	1.9	1.5	0.8	0.8	0.5	0.4	0.3	1.0	1.0	1.0	
4	0.7	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.6	0.6	1.0	0.5	1.0	0.5	0.3	0.6	1.1	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
5		0.5	0.5		0.5								0.5	0.5	0.9	0.5	0.6	0.6	0.3	0.6	0.4	1.1	0.4		0.5	0.6	0.6	
6	0.4	0.5									0.4	0.4		0.5	0.5	1.1	0.5	1.5	1.5	0.9	0.7	1.5	1.5	1.1	0.5	0.9	1.2	
7	1.3	1.6	1.4		0.5	0.5		0.3	0.3	0.3	0.2	0.5	0.3	0.3	0.2	0.4	1.9	1.6	2.6	1.7	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.9	1.0	
8	0.9	0.8	1.2	1.9	0.4	0.4	0.3	0.3	0.5		0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	1.4	1.9	3.0	1.4	1.6	1.8	1.8	1.4	1.1	0.4	1.1	1.4	
9	0.5	0.5	0.5	0.9	0.9	0.5	0.2	0.3	0.3	0.5	0.4	0.5	0.9	0.9	1.0	1.7	2.2	1.9	1.7	1.6	1.3	1.5	1.6	1.3	0.5	1.0	1.2	
10	0.9	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4		0.5	0.3		0.3	0.3	0.3	0.2	0.5	0.5	0.7	1.2	1.8	0.7	1.7	1.2	1.2		0.4	0.7	0.6	
11									0.2	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	1.2	1.0	1.7	0.6	0.5	0.8	1.0	0.7	1.2		0.5	0.9	0.8
12	1.0	0.5	0.5				0.4	0.3		0.4	0.6	0.5	0.5	0.5	1.0	1.7	2.3	2.0	0.5						0.5	0.8	1.0	
13	0.5	0.5	0.8	0.5			0.2	0.5	0.4	0.3	0.5	0.5	0.5	0.4	0.7	0.6	1.2	1.7	2.4	1.1	2.3	2.0	1.3	1.4	0.5	0.9	1.2	
14	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4					0.4	0.5	0.4	0.5	0.6	1.0	0.5	1.0	1.6	1.4	1.4	0.9	0.5	0.6		0.5	0.7	0.9	
15											0.4	0.5	0.6	0.8	0.5	0.9	1.4	1.6	1.9	1.9	1.9	2.2	1.7	1.0	1.9	1.2	1.5	
16	1.7	1.5	0.6	0.5	0.4	0.3		0.5	0.6	0.3	0.4	0.5	0.5	0.4	1.0	1.3	2.5	1.9	2.5	2.2	2.0	2.6	2.1	2.0	0.5	1.2	1.4	
17	2.5	1.8	1.3	1.2	0.9	0.8	0.4	0.5	1.0	1.6	1.8	0.8	2.1	0.3	2.4	3.4	3.4	2.5	2.0	1.7	1.3	0.7	0.5	0.5		0.5	1.4	
18	0.6	0.5	0.6		0.5	1.6	1.7	2.0	0.9	1.6	1.4	0.8	1.0	0.7	1.2	1.4	1.3	1.0	0.6	0.5	0.3	0.5	0.5		0.5	0.9	1.0	
19									0.5	0.5			0.5	0.3	0.6	0.5	0.5	2.0	2.1	2.3	2.1	1.6	1.2	0.8	0.5	1.1	1.4	
20											0.4	0.5	0.4	0.5	1.5	0.5	1.4	1.6		1.4	0.9	0.5	0.8	1.0	0.5	0.9	1.2	
21											0.5	1.0	1.2	1.2	1.4	1.9	1.9	1.5	2.0	2.3	2.3	1.5	0.9	1.5	1.2	1.4	1.6	
22	1.1	0.5							0.3	0.4	0.3			1.0	1.0	2.0	2.9	3.0	2.7	3.8	1.8	1.5	0.6		0.3	1.4	1.7	
23								0.5	0.5				0.6	0.7	0.7	0.9	2.0	2.2	2.3	1.7	1.1	0.3		0.5	0.5	1.0	1.4	
24			0.5			0.4						0.6	1.3	1.0	1.8	1.3	1.1	1.8	2.2	2.1	1.6	2.4	2.5	2.2	1.3	1.5	1.8	
25	1.4	1.2	1.6	1.5	0.8	0.5		0.5	0.6	0.4	0.4	0.5	0.7	0.6	0.5	0.8	1.1	2.1	3.0	2.5	2.1	1.6	1.3	1.2	0.5	1.2	1.5	
26	0.4	0.5	0.4										0.3	0.4	0.4	0.6	2.8	1.2	0.7	0.8					0.5	0.9	0.9	
27	0.5	0.5			0.5	0.5	0.3	0.5			0.5	0.3	0.4	0.4	0.8	1.7	1.5	2.0	1.3	0.7	0.6	1.3	1.2	0.6	0.5	0.8	1.0	
28	0.5	0.9	0.3						0.3	0.2	0.7	0.5	0.7	0.6	1.1	0.8	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7	0.5	0.9	0.5	0.5	0.6	0.7	
29	0.5	0.5	0.8	0.6	0.5	0.8	0.7	0.6	0.5	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	1.0	2.3	1.7	1.7	1.8	2.3	1.9	1.3	1.2	0.5	0.5	1.0	1.2	
30		0.4	0.5	0.5					0.5				0.5	0.6	1.2	2.0	1.5	0.5							0.5	0.8	0.6	
																									0.6		1.1	
	0.9	0.7	0.7	0.8	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6	0.9	1.2	1.6	1.6	1.6	1.5	1.3	1.2	1.0	1.0				

RANGOS DE VELOCIDAD	
CALMAS	194
0.5	237
1	110
1.5	78
2	66
2.5	33
3	11
>3	1

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS	
N	64
NNE	207
NE	45
ENE	38
E	7
ESE	11
SE	2
SSE	3
S	1
SSO	6
SO	4
OSO	3
O	7
ONO	1
ONO	14
NNO	86
V	27



FUENTE: Dirección General del Servicio Meteorológico Nacional. Datos procesados por el Laboratorio de Diseño Bioclimático, UAM-Azacapatzalco.

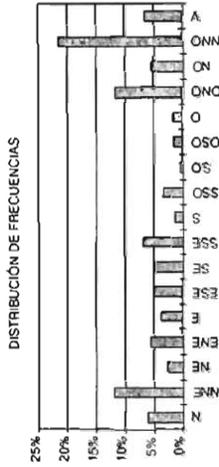
VELOCIDAD m/seg

Hora	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	Moda	Media	Dominiante
1											0.5	0.3	0.4	0.4	0.4	1.5	1.5	0.5			1.4	0.6			0.4	0.8	0.8
2														0.5	0.4				0.3	0.4	0.7	0.3			0.4	0.4	0.7
3											0.3			0.3	0.4	0.3	0.3	3.4		1.2	0.4				0.3	0.8	1.9
4										1.2	0.6	0.5	0.7	0.9	1.3	1.7	2.4	2.8	2.8	3.2	2.6	2.4	2	1.9	2.4	1.8	1.9
5	0.8	0.6	0.9	0.3	0.1	0.3	0.6	1.3	1	0.3	0.5	0.6	0.6	0.5	0.3	0.5	1.6	0.8	0.5	0.9	0.5	1.3			0.5	0.7	0.5
6	0.4	0.4									0.3	0.3	0.4	0.5	0.4	1.5	2.1	1.7							0.4	0.8	0.4
7											0.3	0.3	0.3	0.6	0.7	0.6	0.4		0.4	0.5	0.5	1.1	1.9	1.1	0.3	0.7	1.2
8	0.7	0.4		0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.5	0.6	0.5	0.5	0.3	0.4	0.3		0.3	1.9	2.5	0.8	0.6	0.3	0.3	0.4	0.6	0.6	0.6
9	0.7	0.8	1	0.7	0.3	0.8	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.4	0.5	0.5	1.2	2.3	1.8	2.2	1.8	1.3	1.6	2.5	1.2	0.6	1.1	1.4
10	0.9	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.7	0.5	0.3	0.4			1.1	1	1.8	1.5	1.4	0.6	0.4	0.7	0.7	
11											0.4	0.5	0.5	0.3	0.4				0.5	0.9	0.5	0.4	0.4		0.5	0.8	0.8
12											0.5	0.5	0.3	0.5	0.5	0.4	0.5			0.3	0.4	0.3			0.5	0.4	0.5
13											0.5	0.5	0.5	2	2.5	1.4	1.6	1.8	0.3			1.6			0.5	1.4	1.8
14										0.5	0.5	0.5	0.8	2	2.2	2.2	1.7	1.7	0.8	1.4	1.2	1.5	1.4	0.7	0.5	1.3	1.4
15	0.7	0.4									0.3	0.5	0.9	1.3	1.7	1.6	1.2	0.7		0.3	1.5	1.7	0.5	0.3	1.0	1.0	1.0
16											0.4	0.5	0.8	1.8	1.1	1.6	1.8	2.4	0.6	2.4	2.9	1.4	0.8		0.8	1.4	2.1
17											0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3		0.4	0.4				0.8	0.5	0.5	0.5	0.4
18	0.5	0.6	0.4	1	0.3						0.4	0.5	0.5	0.5	0.5		1.8	1.3	0.5	1.3	1.8	1.3	0.3	0.5	0.8	0.7	0.7
19											0.4	0.5	0.5	0.4	0.5		0.5			0.6	0.5				0.5	0.5	0.5
20											0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5								0.5	0.6	0.5
21												0.4	0.5	1.5						1.5					1.5	1.0	1.5
22											0.4	0.5	0.6	0.5	0.4	1.8	2.2	2.5	3.2	1	1.1				0.4	1.3	2.6
23										0.3	0.3		0.5	0.6	3.2	3.1	2.1	0.9	0.5						0.3	1.2	1.8
24											0.3	0.3		0.6	0.6	0.3	0.4	1	0.4	0.4		0.3			0.3	0.5	0.5
25											0.3	0.9	0.5	2.5	2.2	1.3	0.8	0.8							0.8	1.2	1.8
26												0.4	0.9	0.3	0.2	0.3	0.2	2.5	0.4						0.4	0.7	0.3
27													0.3	0.4	0.3	1.8	1	0.6							0.3	0.7	1.0
28										0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	1.2	0.9	0.5				0.5			0.3	0.5	0.7
29										0.3	0.3	0.5	2.7	2.6	2.6	1.9	0.8								0.3	1.4	1.8
30											0.3	0.5	0.5	0.5	0.3	2.1	2	1.8	2.4	1.1					0.5	1.2	2.0
31											0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.7	1.2	0.5	0.5	0.8		0.9			0.3	0.6	0.9
	0.7	0.5	0.7	0.6	0.3	0.5	0.5	0.7	0.9	1.2	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	0.9	1.1

TOTAL	744	100%
REGISTROS	358	100%
	481%	

RANGOS DE VELOCIDAD	
Calmas	386
0.5	187
1	71
1.5	37
2	31
2.5	20
3	7
3	5
	100.0%

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS	
N	22
NNE	43
NE	9
ENE	20
E	13
ESE	18
SE	18
SSE	24
S	5
SSO	12
SO	2
OSO	5
O	6
ONO	42
NO	19
NNO	77
N	23
	386
	100.0%



FUENTE: Dirección General del Servicio Meteorológico Nacional. Datos procesados por el Laboratorio de Diseño Bioclimático, UAM-Azapatzalco.

CUADRO IV. 7. Datos climáticos de Azcapotzalco, Moctezuma y Xochimilco

AZCAPOTZALCO	
Clima	(A) CR ^(w) (w) ^(w) (C) ⁽¹⁾ R
Bloque	Semiárido
Latitud	19°28'
Longitud	99°11'
Altitud	2 277 msnm

Fe.	Parámetros	U	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Annual
Temperaturas															
A	Máxima extrema	°C	25.6	27.1	30.5	31.2	31.3	29.2	26.9	26.4	27.1	26.1	26.2	25.2	31.3
A	Máxima	°C	22.8	24.3	26.9	27.8	27.6	25.8	24.4	24.6	24.1	23.9	23.5	22.8	24.9
A	Media	°C	15.0	16.4	18.8	20.1	20.5	20.1	19.0	19.1	18.8	17.8	16.3	15.5	18.1
A	Mínima	°C	7.3	8.4	10.7	12.4	13.5	14.3	13.6	13.6	11.8	9.1	8.1	8.1	11.4
A	Mínima extrema	°C	5.2	5.3	8.5	10.4	12.1	12.7	12.5	12.6	12.1	9.3	6.8	5.6	5.2
B	Oscilación	°C	15.5	15.9	16.2	15.4	14.1	11.5	10.8	11.0	10.5	3.0	14.4	14.7	12.8
Precipitación															
A	Total	mm	7.6	5.0	7.7	25.9	52.7	137.8	153.7	163.9	136.4	53.6	5.5	4.9	754.7
A	Máxima	mm	33.3	25.0	43.4	109.6	123.0	266.7	261.6	300.6	288.7	202.4	30.2	34.1	300.6
Índice ombrotérmico															
B	Días grado general	dg	-93.0	-44.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-6.2	-51.0	-272.5
B	Días grado local	dg	-177.2	-120.9	-59.4	-18.5	-6.7	-18.5	-53.2	-50.1	-57.5	-90.4	-132.5	-161.7	-946.5
Índice equivalente															
B	Temp. equivalente	coef.	-10.2	-11.5	-10.2	-1.1	12.4	54.9	62.9	68.0	54.2	12.8	-11.3	-11.6	17.4
B	Índice de aridez	coef.	-0.7	-0.7	-0.5	-0.1	0.6	2.7	3.3	3.6	2.9	0.7	-0.7	-0.7	0.9
B	Seco/húmedo	S	S	S	S	S	S	H	H	H	H	S	S	S	S
Fenómenos espectrales															
A	Lluvia apreciable	días	1.10	1.00	1.40	3.90	8.10	12.70	16.30	15.20	12.40	5.40	1.50	1.30	80.30
A	Días con granizo	días	0.04	0.00	0.04	0.11	0.15	0.48	0.44	0.74	0.15	0.15	0.00	0.00	2.30
A	Días con torn. eléc.	días	0.08	0.00	0.15	0.33	0.00	0.22	0.33	0.26	0.11	0.23	0.00	0.04	1.75
A	Días con niebla	días	5.81	4.04	3.89	1.96	3.19	1.33	1.30	2.15	1.70	2.96	3.70	4.26	36.29

A Comisión Nacional del Agua, Subdirección General Técnica, Servicio Meteorológico Nacional Sistema CROOK (1961-1990).

B Datos calculados.

COL. MOCTEZUMA

Clima	(AVCbw0)(w)(T)g
Bioclima	Semi/rido
Latitud	19°26'
Longitud	99°1'
Altitud	2 234 msnm

Fig.	Parámetros	U	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Annual
------	------------	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	--------

Temperaturas

A	Máxima extrema	°C	25.9	27.6	30.9	32.0	31.6	29.7	28.0	28.4	27.9	27.3	26.3	26.0	32.0
A	Máxima	°C	24.0	25.5	28.2	29.3	29.1	27.2	26.0	26.2	25.5	25.5	24.8	23.9	26.3
A	Media	°C	14.9	16.3	18.9	20.5	21.1	20.4	19.4	19.6	19.2	18.3	16.5	15.3	18.4
A	Mínima	°C	5.7	7.0	9.5	11.6	13.0	13.5	12.8	13.0	12.8	11.1	8.2	6.6	10.4
A	Máxima extrema	°C	4.1	4.4	7.0	10.1	11.9	12.9	11.8	11.7	11.2	8.3	5.4	4.7	4.1
B	Oscilación	°C	18.3	18.5	18.7	17.7	16.1	13.7	13.2	13.2	12.7	3.0	16.6	17.3	14.9

Precipitación

A	Total	mm	12.8	6.1	12.7	26.1	68.1	130.4	137.4	118.0	105.7	44.5	6.9	7.5	676.2
A	Máxima	mm	80.6	36.2	51.0	96.7	175.8	290.6	231.0	247.5	207.6	128.5	28.0	78.9	290.6

B	Días grado general	dg	-96.1	-47.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-45.0	-83.7	-272.4
B	Días grado local	dg	-180.3	-123.7	-56.3	-6.5	0.0	-9.5	-40.8	-34.6	-45.5	-74.9	-126.5	-167.9	-866.4

Índice ombrotérmico

28															
B	Temp. equivalente	coef.	-7.6	-11.0	-7.7	-0.9	20.1	51.2	54.7	45.0	38.9	8.3	-10.6	-10.3	14.2
B	Índice de aridez	coef.	-0.5	-0.7	-0.4	0.0	1.0	2.5	2.8	2.3	2.0	0.5	-0.6	-0.7	0.7
B	Seco/humedo	S	S	S	S	S	S	H	H	H	H	S	S	S	S

Fenómenos especiales

A	Lluvia apreciable	días	1.50	1.50	1.70	4.70	9.10	13.00	16.90	14.40	11.50	5.10	1.40	0.80	81.60
A	Días con granizo	días	0.00	0.05	0.10	0.48	0.60	0.81	0.95	0.85	0.41	0.18	0.19	0.00	4.62
A	Días con torn. eléc.	días	1.45	0.75	0.71	1.38	2.25	3.81	4.29	3.40	2.73	2.64	1.57	1.77	26.75
A	Días con nublada	días	1.00	0.75	0.62	1.33	1.80	3.28	3.62	2.65	2.00	1.86	1.14	0.91	20.96

A Comisión Nacional del Agua, Subdirección General Técnica, Servicio Meteorológico Nacional Sistema CLICOM (1961-1990).

B Datos calculados.

S. GREGORIO XOCHIMILCO

Clima	Cr(w0)(w0)(1)g
Bioclima	Semiárido
Latitud	19°15'
Longitud	99°03'
Altitud	2 259 msnm

Fie.	Parámetros	U	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Annual
Temperaturas															
A	Máxima extrema	°C	28.0	31.0	32.0	34.0	33.0	32.0	29.0	29.0	29.0	30.0	29.0	27.0	34.0
A	Máxima	°C	23.0	24.1	27.0	28.1	28.2	25.6	24.9	25.1	24.5	24.1	23.6	22.4	25.1
A	Media	°C	11.8	12.7	15.8	17.4	18.3	18.2	17.7	17.8	17.6	15.8	13.4	12.3	15.7
A	Mínima	°C	0.6	1.4	4.7	6.8	8.5	10.8	10.5	10.6	10.8	7.5	3.3	2.2	6.5
A	Mínima extrema	°C	-6.0	-5.5	-3.0	-0.5	2.5	5.5	5.0	4.0	4.5	-10.0	-5.0	-5.0	-10.0
B	Oscilación	°C	22.4	22.7	22.3	21.3	19.7	14.8	14.4	14.5	13.7	16.6	20.3	20.2	18.8
Precipitación															
A	Media	mm	15.8	4.8	10.8	28.7	53.4	117.4	148.1	128.9	121.0	38.2	7.6	6.8	754.7
A	Máxima	mm	83.5	20.0	43.0	86.0	126.5	208.6	210.0	220.5	173.9	114.0	34.5	27.5	220.5

B	Días grado general	d _g	-192.2	-148.4	-68.2	-18.0	0.0	0.0	-9.3	-6.2	-12.0	-68.2	-138.0	-176.7	-837.2
B	Días grado local	d _g	2 207.2	2 018.8	2 331.2	2 304.0	2 408.7	2 328.0	2 390.1	2 393.2	2 310.0	2 331.2	2 184.0	2 222.7	27 429.5
Índice ombrotérmico															
-1.1															
B	Temp. equivalente	coef.	8.425	2.925	5.925	14.875	27.225	59.225	74.575	64.975	61.025	19.625	4.325	3.925	26.9
B	Índice de aridez	coef.	0.7	0.2	0.4	0.9	1.5	3.3	4.2	3.7	3.5	1.2	0.3	0.3	1.7
B	Seco/humedo	S	S	S	S	S	H	H	H	H	H	H	S	S	H

Fenómenos especiales

A	Lluvia apreciable	días	1.66	1.44	1.88	4.22	6.60	13.80	18.30	16.50	13.77	6.30	1.70	1.66	87.83
A	Días con granizo	días	0.11	0.00	0.44	0.55	0.80	0.50	0.80	0.30	0.22	0.10	0.00	0.00	3.82
A	Días con torn. eléc.	días	0.25	0.33	0.33	1.11	1.00	2.11	2.44	3.00	4.11	1.80	0.22	0.12	16.82
A	Días con rúmbia	días	3.77	2.00	1.00	0.88	3.10	3.40	3.50	4.00	5.88	7.20	5.88	7.00	47.61

A Normales climatológicas (1941-1970). Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos OCSMN.
B Datos calculados.

ALTERACIONES CLIMÁTICAS
EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Inversión térmica

Para entender por qué se presentan las alteraciones climáticas es conveniente analizar brevemente algunos de los fenómenos y el comportamiento atmosférico. La atmósfera no es uniforme a lo largo de todo su espesor de aproximadamente 2 000 km, sino que presenta diversas características de composición y comportamiento térmico; de acuerdo con este comportamiento la atmósfera se divide en varias capas o estratos. La primera capa se denomina troposfera y abarca desde el nivel del mar hasta una altura entre los 17 y 18 km en el ecuador, y entre 9 y 10 km en los polos. En esta capa se concentra 90% de la masa total atmosférica y es donde se lleva a cabo la mayoría de los fenómenos meteorológicos. En esta capa la temperatura disminuye con la altitud a razón de 6.4°C por cada 1 000 metros, en promedio; esta relación es comúnmente conocida como *gradiente térmico*. La troposfera es la capa en donde se gesta la vida de todas las especies aeróbicas, incluyendo al hombre, por lo que cualquier cambio atmosférico las afecta directamente; debido a ello ésta es la capa que más nos interesa.

Ocasionalmente el comportamiento térmico normal de la atmósfera se invierte, es decir, la temperatura aumenta respecto a la altitud. Esto ocurre principalmente en las capas atmosféricas bajas y es un proceso normal originado por masas de aire frío que se presentan en la superficie y en condiciones de cierta estabilidad atmosférica, es decir, en condiciones climáticas estables. Estas inversiones térmicas son comunes en las costas a causa de la entrada de aire fresco marino en el sistema de brisa. También se presentan en los sistemas de viento de valles, cuando las laderas de las montañas se enfrían rápidamente durante la noche. Este tipo de inversiones reciben el nombre de *inversión nocturna*.

Las capas inferiores de la atmósfera varían

considerablemente entre el día y la noche. Durante las primeras horas de la mañana, después de la salida del sol, las superficies del terreno se empiezan a calentar y con ello el aire superficial incrementa su temperatura y comienza a ascender, pero solamente hasta donde el aire circundante tiene la misma temperatura; el espesor de este aire caliente es cada vez mayor y más caliente.

Del mismo modo, las superficies del terreno rápidamente incrementan su temperatura, con lo que, con el tiempo, se romperá la inversión nocturna y se restablecerá el patrón normal de temperatura atmosférica.

En un ambiente urbano el proceso descrito anteriormente se presenta de la misma manera, sin embargo, existen algunas variables que lo intensifican. Por ejemplo, los materiales constructivos presentan un comportamiento térmico muy distinto al del terreno natural y de la cobertura vegetal. En este caso, materiales tales como concreto, acero, asfalto, etc., acumulan gran cantidad de calor durante el día, pero lo pierden muy rápidamente en la noche, por lo que las oscilaciones térmicas diarias se incrementan. La humedad atmosférica es menor en un ambiente urbano, por lo que la capacidad calorífica del aire se ve modificada en comparación con un ambiente rural. Y, por último, los elementos contaminantes contenidos en la atmósfera son muy superiores a los de un ambiente predominantemente natural. Esto es importante porque el calor contenido en el aire no se acumula en todos los gases que componen la atmósfera sino únicamente en el agua y vapor de agua (H₂O), en el dióxido de carbono (CO₂), en las partículas suspendidas (polvo) y otros gases contaminantes (dióxido de azufre, metano, óxido nitroso, plomo, etc.). Es decir que la capa de contaminantes en la atmósfera acumula una gran cantidad de calor y funciona como una barrera térmica que afecta al gradiente térmico normal. Estos tres factores favorecen la formación de inversiones térmicas en días con atmósfera estable y bajas temperaturas, lo cual se presenta generalmente en el invierno.

Efecto invernadero

La temperatura global de la Tierra debe permanecer en equilibrio. Como se dijo, parte de la energía solar atraviesa la atmósfera (en longitudes de onda corta); aproximadamente 32% de la energía solar es reflejada directamente, por lo que sólo 68% (Strahler, 1983) se queda en la Tierra. Una pequeña parte de la energía que entra se absorbe en la atmósfera, mientras que la mayor parte incide en la superficie terrestre, en las masas continentales y en las marítimas, las cuales actúan como acumuladores de esa energía; en este momento la energía solar se transforma en calor (energía de longitud de onda larga). Durante la noche la misma cantidad de energía que se recibió a lo largo del día (68%) es reirradiada hacia el espacio. De esta forma la energía que entra y sale se encuentra en equilibrio, y con ello se equilibra también la temperatura global.

El fenómeno vital para la vida en la Tierra y el comportamiento climático es que la radiación solar que recibe y emite la Tierra se dan en diferente longitud de onda. Esto hace que la atmósfera se comporte como un gran invernadero: atrapa las radiaciones terrestres y minimiza las pérdidas de calor, manteniendo así el equilibrio térmico. En un invernadero la radiación solar atraviesa libremente el vidrio e incide en las plantas, la tierra y cualquier objeto dentro del invernadero y los calienta. El vidrio es prácticamente transparente a las longitudes de onda visibles (onda corta) y opaco a las longitudes de onda infrarrojas (onda larga). Por lo tanto el calor queda atrapado dentro del invernadero (Buck, 1970).

En la atmósfera el vapor de agua es el principal responsable de absorber las radiaciones infrarrojas, de tal forma que el efecto invernadero varía de acuerdo con la cantidad de vapor de agua presente.

Calentamiento global y cambio climático

En la actualidad la actividad humana está desequilibrando la relación de la energía que entra y

sale del planeta. La emisión de CO₂ liberado por la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas), además de otros contaminantes, son los principales causantes de que el efecto invernadero se esté incrementando. Así, el calor acumulado en la atmósfera es mayor, es decir, es más grande la energía recibida que la energía que se libera hacia el espacio. Esto está conduciendo a un calentamiento global mayor. Según datos del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) de la Convención sobre cambio climático en Kioto, Japón, a finales de 1997 (Rivera, 1997). La temperatura media en el planeta se incrementó casi un grado centígrado de 1865 a 1995.

Según esta misma fuente, Alemania, Japón, Rusia, China y sobre todo los Estados Unidos son los cinco países que producen más emisiones de CO₂ a la atmósfera. Los Estados Unidos emiten 5 228 millones de toneladas al año, mientras que México emite 327 millones de toneladas al año.

Desde luego, el calentamiento global también se debe a otros factores muy importantes. Entre ellos se encuentra la emisión de clorofluorocarbono, elemento químico que está destruyendo la capa de ozono superior de la atmósfera, lo cual está propiciando que mayores cantidades de radiación solar entren a la Tierra en intensidades y longitudes de onda nocivas para la vida, y que incrementen el calentamiento global. Otro factor importante es la deforestación y desertificación de la superficie terrestre.

Todos estos factores están favoreciendo un cambio climático de grandes proporciones en el planeta. El término *cambio climático* se refiere al riesgo de calentamiento acelerado del planeta debido principalmente al reforzamiento del efecto invernadero. El riesgo es de dimensiones catastróficas, ya que de dispararse este fenómeno se crearía en un proceso acelerado prácticamente irreversible en el corto plazo.

Por otro lado, las alteraciones climáticas, el aumento de temperatura y el reforzamiento del efecto invernadero también se presentan a pequeña escala en sistemas climáticos regionales, principalmente en las áreas altamente urbanizadas.

*Alteraciones climáticas
en la ciudad de México*

La ciudad de México ha sido, desde sus inicios, el centro político, económico, comercial y cultural más importante del país, y por ello, un polo de atracción humana. Sin embargo, el fenómeno de inmigración y concentración se ha intensificado en forma considerable en los últimos años, rebasando las capacidades estructurales y funcionales de la ciudad.

Esta gran concentración ha modificado el medio ambiente natural, provocando alteraciones importantes a su ecosistema, que evidentemente han repercutido en el hombre mismo, en su salud, en su confort e incluso en su economía.

Dentro de estas alteraciones los cambios climatológicos se hacen notar más claramente en la temperatura, la precipitación pluvial y la humedad. Existen otros elementos que han sufrido modificaciones, sin embargo, son más difíciles de identificar, calificar y cuantificar. Entre éstos se encuentra la insolación, los vientos generales y convectivos, etcétera.

Existen muchos factores que intervienen en la alteración climática de una ciudad; los principales son:

- La transformación de grandes cantidades de energía en calor. Gran parte de la energía eléctrica, mecánica, química, bioquímica, etc., utilizada en los procesos de producción, transformación, combustión y casi todas las actividades humanas, se transforma en energía calorífica.
- La disminución de áreas verdes y el aumento de áreas pavimentadas y construidas. Los árboles y las plantas en general son excelentes elementos de control climático, tanto de temperatura, humedad y vientos; sin ellos la radiación solar incide directamente sobre las superficies expuestas e incrementa su temperatura.
- Las diferencias de absorción y reflexión de los distintos materiales constructivos y urbanos en general. Algunos materiales absorben grandes cantidades de calor mientras que otros lo reflejan en mayor pro-

porción; esto provoca diferentes comportamientos térmicos y de presión atmosférica a lo largo de la superficie urbana.

- La rápida eliminación de la precipitación pluvial a través de los sistemas de drenaje. El entubamiento de ríos y escurrimientos naturales, así como la rápida captación pluvial a través de los sistemas de drenaje altera las condiciones higrotérmicas de la ciudad.
- La impermeabilidad de los pavimentos, la pérdida de la recarga freática, además de alterar las características mecánicas del terreno, afecta a los elementos vegetales y a la humedad superficial del suelo.
- La gran cantidad de partículas y gases contaminantes presentes en la atmósfera. Las partículas contaminantes en suspensión captan gran parte de la radiación solar, calentándose y calentando el aire circundante, lo cual da como resultado un aumento en la temperatura. La insolación disminuye considerablemente ya que la radiación solar llega principalmente en forma difusa, y es difícil que la temperatura acumulada se disipe, ya que la capa de partículas y gases contaminantes producen el efecto invernadero. La precipitación pluvial aumenta en función de los índices de contaminación porque las partículas contaminantes constituyen núcleos higroscópicos alrededor de los cuales se condensa la humedad, con lo que alcanza un volumen suficiente para precipitarse (A. García, 1975). Además, los gases contaminantes al mezclarse con las partículas de agua contenidas en el aire producen lluvia ácida.

Temperatura

En la ciudad de México, en los últimos 57 años la temperatura se ha incrementado gradualmente. Aplicando una regresión lineal de primer grado a los datos reales de temperatura media anual obtenemos que en 1941 la temperatura estimada fue de 15.14°C y para 1997 de 16.64°C, lo que representa un incremento de 1.5°C totales (0.0263°C por año). Cabe señalar que los datos

más antiguos con que se cuenta son los que registró el ingeniero Bárcena (Bárcena, 1893), donde muestra que la temperatura media promedio de 1877 a 1892 fue de 15.4°C.

Precipitación

Para el mismo periodo la precipitación aumentó 238.39 mm, ya que la precipitación estimada de 1941 fue de 680.86 mm y de 919.25 mm en 1997, lo que representa un aumento de 4.18 mm por año.

Humedad relativa

Puesto que la humedad relativa está relacionada con la temperatura, la humedad disminuye al incrementar la temperatura. Por ello, la humedad relativa ha sufrido una leve disminución de 60.63% en 1941 y de 58.18% en 1997, es decir, 2.45 puntos menos, lo que representa un descenso de 0.043 por año.

ANÁLISIS HISTÓRICO 1921-1997 (MES DE OCTUBRE)

Haciendo un análisis histórico desde 1921 hasta octubre de 1997 tenemos que, de acuerdo con la regresión lineal, en 1921 la temperatura estimada es de 14.10°C, mientras que en 1997 es de 16.22°C. Esto quiere decir que en 77 años la temperatura ha aumentado 2.12°C en dicho mes.

La precipitación pluvial para el mismo periodo ha aumentado en 35.95 mm, ya que para 1921 la precipitación estimada es de 39.19 mm, mientras que en 1997 es de 75.14 mm, es decir, casi 92% de incremento.

La humedad relativa media ha decrecido en 7.91%. Para 1921 la estimación es de 71.44%, mientras que en 1997 es de 63.53 por ciento.

La insolación en el mismo periodo para el mes de octubre se ha mantenido prácticamente igual.

CUADRO IV.8: *Temperatura media histórica para Tacubaya*

TACUBAYA, D.F.

Temperatura media mensual

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Annual
1941	11.1	13.5	15.8	17.5	16.4	16.7	15.8	16.0	15.2	15.0	13.4	12.6	14.9
1942	11.4	14.9	15.8	17.3	18.2	17.1	16.2	15.0	15.0	15.5	13.1	12.6	15.2
1943	12.8	13.2	11.7	18.9	18.2	16.2	16.6	16.6	16.7	14.7	12.1	12.3	15.0
1944	12.0	15.0	15.8	18.2	17.0	17.5	16.7	16.2	15.7	13.1	14.2	11.9	15.3
1945	12.8	15.2	17.0	18.0	17.3	17.8	16.7	16.2	15.7	14.6	13.5	13.3	15.7
1946	13.0	13.7	16.6	16.2	18.8	16.3	16.2	16.2	16.6	15.5	14.6	12.8	15.6
1947	13.7	14.6	17.2	17.9	16.9	18.1	16.8	15.9	15.2	15.5	14.1	12.9	15.7
1948	11.8	15.4	18.1	16.6	17.8	17.7	16.5	16.7	15.9	15.1	15.0	14.0	15.9
1949	13.2	14.9	17.1	18.0	17.9	17.6	16.4	16.3	15.9	16.4	11.4	12.8	15.7
1950	12.7	13.7	15.7	16.9	18.5	16.7	15.6	16.3	16.2	14.2	12.3	11.2	15.0
12.5	14.4	16.1	17.6	17.7	17.2	16.4	16.1	15.8	15.0	13.4	12.6	15.4	
1951	12.6	13.7	15.3	18.2	16.8	17.7	15.8	16.3	16.2	15.3	15.1	14.2	15.6
1952	14.1	14.6	17.8	17.1	17.0	16.2	15.9	16.2	15.2	12.7	14.6	12.7	15.3
1953	12.3	15.1	17.0	18.6	19.6	18.3	16.8	16.4	14.8	15.1	12.6	12.7	15.8
1954	13.1	13.8	17.5	16.5	17.0	17.1	16.0	16.1	15.7	14.5	13.1	12.0	15.2
1955	12.8	13.6	17.2	19.5	18.4	18.0	15.2	15.9	15.3	13.8	14.3	11.9	15.5
1956	10.8	14.9	16.9	18.5	16.3	15.7	15.1	16.1	14.6	14.7	13.4	12.8	15.0
1957	13.4	16.2	17.2	18.4	18.2	16.3	16.6	16.5	15.3	15.5	12.2	11.9	15.6
1958	10.5	13.6	18.1	19.2	16.5	17.3	15.9	16.4	16.3	16.0	14.5	12.3	15.4
1959	12.9	15.4	16.8	16.5	17.1	16.8	15.6	16.0	16.0	15.6	13.4	12.6	15.4
1960	13.5	14.1	16.6	17.6	18.5	18.6	16.7	16.9	15.4	16.6	14.5	12.0	15.9
12.6	14.5	17.0	18.0	17.5	17.2	16.0	16.3	15.5	15.0	13.8	12.5	15.5	
1961	13.0	14.4	16.3	18.7	18.8	16.6	15.9	16.3	15.7	14.7	14.1	13.3	15.7
1962	13.3	16.1	17.6	16.1	17.9	17.7	16.4	16.6	16.2	15.7	13.5	13.4	15.9
1963	14.1	13.5	17.1	19.1	17.4	17.9	15.8	16.0	15.7	13.9	13.7	12.7	15.6
1964	13.4	16.4	17.4	19.2	18.0	16.4	16.1	16.9	16.3	14.0	13.6	12.4	15.8
1965	11.8	13.9	17.3	17.4	18.6	17.7	15.8	15.4	16.5	14.2	14.5	13.1	15.5
1966	12.5	14.1	14.5	17.4	19.2	17.8	16.5	16.1	15.1	15.1	12.5	12.5	15.4
1967	12.1	14.2	16.2	17.7	18.5	17.9	16.2	15.9	15.3	14.5	14.0	13.8	15.5
1968	12.7	12.9	15.5	17.1	18.1	17.4	15.9	16.5	16.3	15.7	14.7	13.6	15.5
1969	13.7	16.1	17.8	18.9	19.6	20.0	17.2	16.0	16.2	16.2	14.5	13.5	16.6
1970	13.1	13.8	17.9	20.6	18.1	16.9	16.1	16.8	16.2	16.6	13.4	13.4	16.1
13.0	14.5	16.8	18.2	18.4	17.6	16.2	16.3	16.1	16.1	15.1	13.9	13.2	15.8

Cuadro IV.8 (concluye)

1971	14.2	15.0	16.7	17.3	18.8	16.9	15.8	15.8	16.3	16.0	14.2	13.8	15.9
1972	13.5	14.1	15.6	18.9	18.3	17.2	15.6	15.8	16.3	16.1	16.1	13.6	15.9
1973	14.1	16.0	19.3	19.1	18.8	17.6	15.9	15.7	16.6	15.2	14.6	12.1	16.3
1974	14.1	14.5	16.4	16.9	18.7	16.3	15.3	16.0	15.3	14.3	13.6	14.0	15.5
1975	12.5	15.1	18.2	19.8	17.6	16.4	15.4	15.9	14.9	15.0	14.3	12.2	15.6
1976	11.8	12.7	17.0	16.7	17.3	17.2	15.5	15.1	16.0	15.4	13.4	14.0	15.2
1977	14.3	14.7	17.1	16.3	18.3	17.1	16.0	17.2	16.8	16.1	14.4	13.5	16.2
1978	13.9	13.7	16.0	19.2	19.3	18.5	16.3	16.4	16.0	14.6	15.4	14.5	16.2
1979	14.0	14.6	17.2	18.5	18.9	17.5	17.1	15.7	15.1	16.5	14.3	13.6	16.1
1980	13.5	14.8	18.7	17.5	19.1	18.0	17.3	16.5	16.3	15.9	14.2	12.6	16.2
	13.6	14.5	17.4	18.0	18.5	17.3	16.0	16.1	16.0	15.5	14.5	13.4	15.9
1981	11.6	14.2	17.2	17.4	18.4	17.2	16.2	16.5	16.5	16.2	13.9	13.0	15.8
1982	14.8	15.0	17.9	19.8	18.2	18.9	16.3	16.7	17.0	15.7	14.9	13.8	16.6
1983	12.5	13.6	16.6	19.7	21.4	19.9	16.6	16.8	16.3	15.7	15.5	14.2	16.6
1984	13.5	14.8	17.9	20.3	17.0	16.9	15.5	14.2	14.9	16.6	14.2	13.3	15.9
1985	13.6	14.7	17.1	16.2	18.2	16.9	15.8	16.4	16.4	16.0	15.0	13.8	15.8
1986	12.1	15.0	15.2	17.7	18.0	16.6	16.1	16.6	17.4	16.4	15.9	14.7	16.0
1987	14.6	15.7	17.1	17.9	18.5	18.0	17.3	17.6	18.5	15.5	15.4	15.8	16.8
1988	13.4	15.6	16.7	19.4	19.4	17.8	16.9	17.8	17.0	16.0	16.1	13.9	16.7
1989	14.9	14.6	16.2	17.1	19.0	18.2	17.2	16.8	15.8	15.6	16.1	13.6	16.3
1990	14.6	15.0	16.6	17.6	19.3	17.7	16.6	16.9	16.8	16.1	15.8	14.5	16.5
	13.6	14.8	16.9	18.3	18.7	17.8	16.5	16.8	16.7	16.0	15.3	14.2	16.3
1991	14.9	16.5	20.2	20.7	19.7	19.8	16.2	17.2	16.1	15.5	14.1	14.0	17.1
1992	13.5	14.7	18.1	17.7	16.5	18.3	16.7	16.5	16.2	15.3	14.9	14.6	16.1
1993	14.4	15.9	16.9	18.3	18.7	18.6	17.1	17.2	16.3	16.8	16.2	14.4	16.7
1994	14.0	16.4	18.1	18.9	18.3	17.5	16.9	16.5	16.2	17.0	15.5	15.5	16.8
1995	14.9	15.6	17.6	19.7	20.5	19.1	16.9	17.0	17.1	16.2	15.4	14.5	17.0
1996	13.4	16.0	16.9	18.3	20.2	17.8	17.8	17.0	17.6	16.7	14.7	14.6	16.8
1997	13.8	16.3	17.2	17.8	17.4	19.3	17.7	17.9	17.5	16.7	16.2	15.5	16.9
	14.1	15.9	17.9	18.7	18.8	18.6	17.0	17.0	16.7	16.3	15.4	14.7	16.8
Máxima	14.9	16.5	20.2	20.7	19.7	20.0	17.8	17.9	18.5	17.0	16.2	15.8	21.4
Mínima	10.5	12.7	11.2	16.1	16.3	15.7	15.1	15.0	14.6	12.7	11.4	11.2	10.5
Media	13.2	14.7	17.0	18.1	18.3	17.6	16.3	16.4	16.1	15.4	14.3	13.4	15.9
Mediana	13.4	14.7	17.1	18.0	18.3	17.6	16.2	16.4	16.2	15.5	14.3	13.4	16.1
Moda	13.5	15.0	17.2	18.9	18.2	17.7	15.8	16.5	16.3	15.5	13.4	14.0	16.2
Desviación	1.0	0.9	1.2	1.1	1.0	0.9	0.6	0.6	0.7	0.9	1.1	1.0	1.9

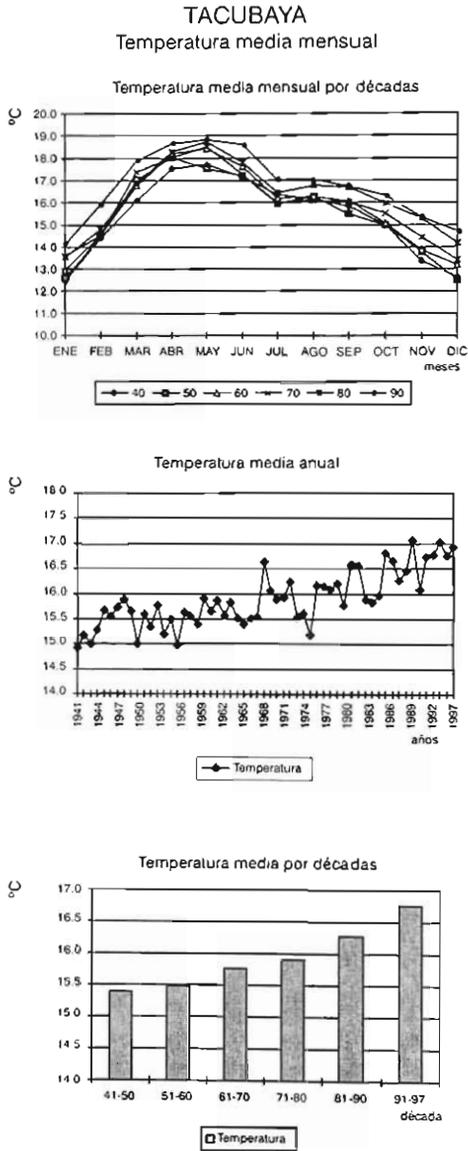


Figura IV.11. Gráficas de temperatura media histórica, Observatorio de Tacubaya

TACUBAYA
GRÁFICAS ESTADÍSTICAS

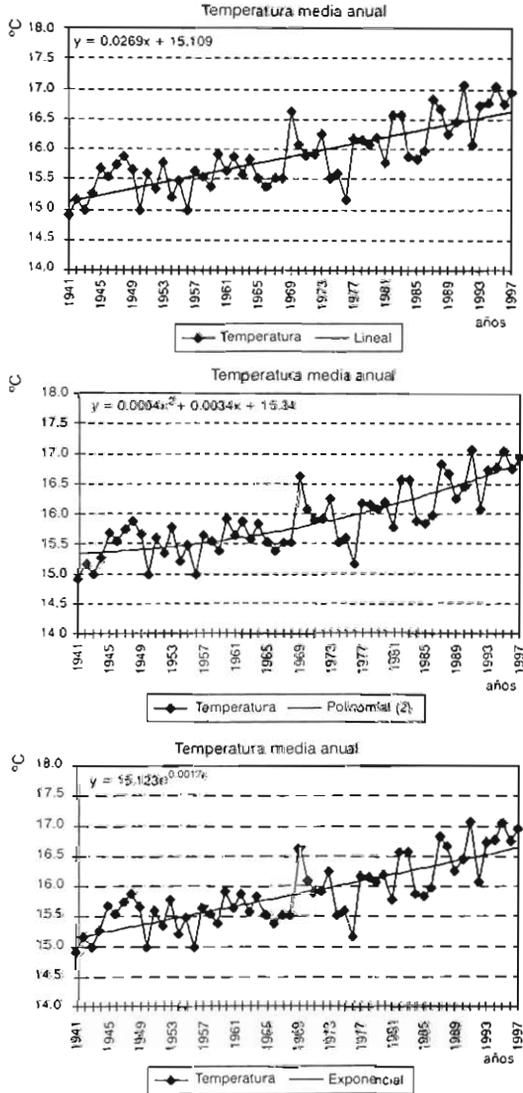


Figura IV.12. Estadísticas del comportamiento de la temperatura media histórica, Observatorio de Tacubaya

CUADRO IV.9. Humedad relativa media histórica, Observatorio de Tacubaya

TACUBAYA, D.F.
 Humedad relativa media

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1941	51	44	42	50	55	76	76	72	81	77	69	70	64
1942	59	42	46	45	50	69	69	74	76	60	66	52	59
1943	50	47	46	42	51	69	63	69	71	64	66	59	58
1944	50	49	43	35	53	64	70	75	69	63	57	59	57
1945	54	47	43	41	53	60	68	73	73	65	57	56	58
1946	52	54	57	52	52	69	65	70	72	73	65	57	62
1947	54	48	38	47	63	62	64	72	70	66	62	63	59
1948	60	47	45	49	58	62	73	71	73	69	66	54	60
1949	55	50	42	38	53	64	68	67	71	61	48	55	56
1950	53	50	48	48	53	67	73	65	69	65	50	49	58
	54	48	45	45	54	66	69	71	73	66	61	57	59

1951	50	41	49	40	57	65	73	72	69	62	56	54	57
1952	48	46	37	49	58	74	71	72	76	58	66	57	59
1953	49	47	49	43	43	60	66	71	70	69	62	59	57
1954	54	55	42	51	60	67	68	70	72	70	61	51	60
1955	48	43	39	35	46	56	74	73	78	69	65	63	57
1956	54	51	48	50	55	70	75	71	74	60	64	62	61
1957	53	55	40	50	51	62	71	70	69	63	60	58	59
1958	65	48	48	43	62	71	78	73	77	74	72	72	66
1959	61	54	48	55	57	72	76	77	73	81	71	63	66
1960	57	42	42	41	54	57	71	73	73	73	68	62	59
	54	48	45	46	54	65	72	72	73	68	65	60	60

1961	63	50	47	48	49	72	76	71	74	67	67	61	62
1962	56	49	45	54	52	60	69	69	73	68	59	63	60
1963	54	43	51	46	58	67	76	79	78	80	66	66	64
1964	67	53	52	49	59	70	57	64	71	63	57	64	62
1965	56	44	38	46	50	59	69	74	67	63	52	58	56
1966	50	49	49	47	50	59	68	69	66	64	55	52	57
1967	51	44	45	45	51	59	69	71	75	67	55	57	57
1968	56	54	43	56	59	65	71	67	72	67	61	69	62
1969	58	50	43	39	43	55	68	77	72	62	55	50	56
1970	46	53	30	34	47	64	71	70	73	60	51	46	54
	56	49	44	46	52	63	71	71	72	66	58	59	59

CUADRO IV.9 (concluye)

1971	48	37	45	40	46	65	73	76	76	76	72	65	62	59
1972	58	45	45	32	61	71	76	73	73	73	71	69	63	61
1973	50	52	40	54	61	69	76	78	76	76	75	66	61	63
1974	59	57	50	60	57	73	79	74	75	74	74	67	67	66
1975	68	56	52	56	70	75	77	75	73	70	70	62	62	66
1976	66	56	55	62	66	66	79	82	79	81	81	76	73	70
1977	63	59	53	59	62	70	76	73	75	72	71	70	69	67
1978	64	61	58	54	57	77	74	73	78	77	77	70	68	68
1979	62	63	50	50	50	63	70	75	75	71	49	57	60	60
1980	53	47	40	49	54	59	64	73	65	59	59	59	55	56
	59	53	49	52	59	69	74	75	74	74	70	66	64	64

1981	55	54	46	56	56	74	74	75	76	74	74	59	64	64
1982	66	56	46	41	60	53	67	76	69	71	60	57	60	61
1983	60	35	32	37	41	72	72	69	73	67	60	54	56	56
1984	50	53	36	31	53	64	73	73	78	66	57	60	60	59
1985	54	47	52	66	58	71	71	69	69	64	55	58	58	61
1986	56	52	53	53	58	72	67	69	65	64	56	50	60	60
1987	38	38	36	40	48	64	71	68	62	50	50	45	45	51
1988	44	46	43	36	44	62	73	67	63	58	42	48	48	52
1989	45	42	31	40	49	61	69	62	66	50	51	55	55	52
1990	52	50	48	49	50	67	71	69	71	70	70	56	45	58
	53	47	42	45	52	66	71	70	69	63	55	54	57	57

1991	47	45	29	32	46	62	68	63	70	66	59	59	59	54
1992	58	46	47	46	63	58	67	71	70	68	67	68	60	60
1993	60	51	48	47	50	60	69	66	73	60	56	52	58	58
1994	55	51	46	50	52	64	62	69	67	61	53	53	57	57
1995	53	51	43	37	48	59	74	74	68	62	64	52	57	57
1996	42	42	38	43	50	67	66	68	68	63	53	56	56	55
1997	49	52	51	52	57	58	68	64	68	63	57	49	49	57
	52	48	43	44	52	61	67	68	69	63	58	54	54	57

Máxima	68	63	59	66	70	77	79	82	81	81	76	73	82	
Mínima	38	35	29	31	41	53	62	62	62	49	42	45	29	
Media	55	49	45	46	54	65	71	71	72	66	60	58	59	
Mediana	54	49	45	47	53	65	71	71	72	66	60	58	60	
Moda	54	47	43	50	53	64	71	73	73	63	66	63	69	
Destiación	6	6	7	8	6	6	4	4	4	7	7	7	11	

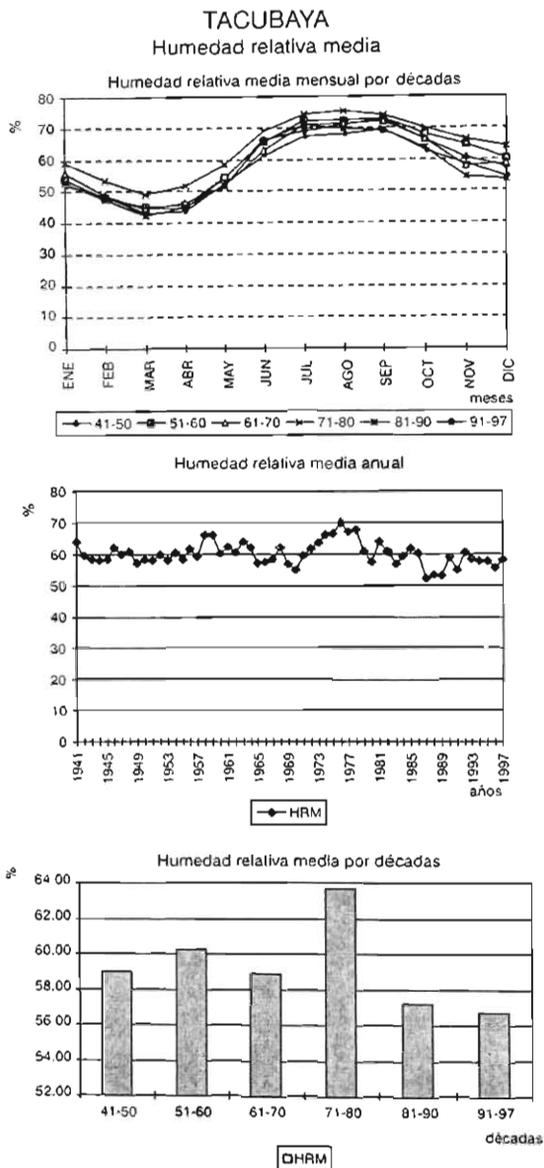


Figura IV.13. Gráficas de humedad relativa media histórica, Observatorio de Tacubaya

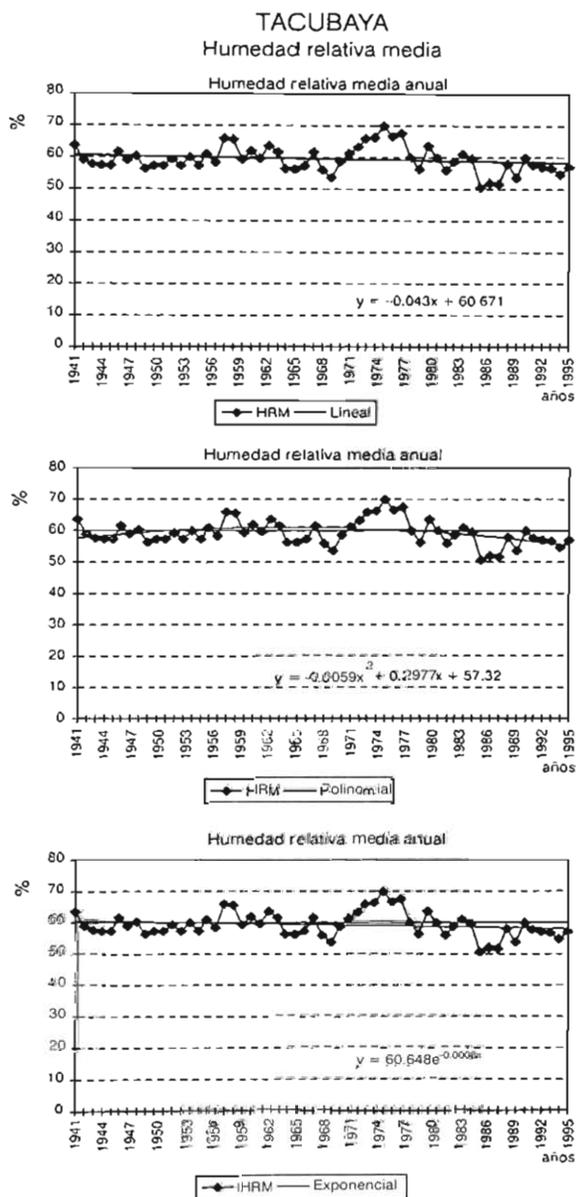


Figura IV.14. Gráficas estadísticas del comportamiento histórico de la humedad relativa media, Observatorio de Tacubaya

CUADRO IV.10. Precipitación total histórica, Observatorio de Tacubaya

TACUBAYA, D.F.
Precipitación total

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1951	5.8	4.5	10.1	25.3	47.3	124.2	132.7	122.3	724.3	35.6	18.5	10.3	654.0
1952	11.5	10.3	27.9	19.8	95.3	146.6	190.3	196.5	150.5	166.1	8.6	0.2	1 001.8
1953	2.3	2.3	1.8	24.0	15.6	31.5	85.7	157.7	64.3	78.7	26.9	0.2	491.0
1954		10.8	3.6	20.2	100.1	129.6	62.1	102.0	104.0	107.2	20.3		659.9
1955	8.3		0.9	1.2	24.7	52.3	180.6	223.9	224.6	55.9	6.1	10.3	788.8
1956	4.1	2.2	0.8	31.7	149.0	51.7	251.5	85.8	80.0	12.1	26.4	0.7	696.0
1957		4.7	0.8	36.7	56.0	108.9	122.6	60.8	63.6	50.0	6.3	4.0	514.4
1958	99.8	0.6		9.7	57.8	129.8	276.9	154.3	165.1	61.8	46.2	26.4	1 028.4
1959	2.0	0.5	11.4	40.7	32.2	126.2	228.5	165.1	38.6	155.1	2.4		802.7
1960	2.6		3.4	2.8	44.4	29.0	181.2	147.5	126.2	45.1	2.1	17.5	601.8
	18.7	4.5	6.3	22.3	63.9	96.8	171.0	143.7	114.3	76.4	24.6	8.5	740.2
1961	7.3		7.5	15.9	14.3	222.4	116.5	152.6	127.8	27.1	3.7	3.3	698.4
1962			4.2	99.8	37.2	140.8	145.6	129.1	125.2	90.6	5.2	3.0	780.7
1963			15.1	18.0	42.5	102.9	247.7	194.0	160.6	85.8	2.1	5.5	874.2
1964	30.7		20.3	58.5	64.6	275.1	127.1	109.9	125.6	77.5	15.4	5.0	909.7
1965	1.6	23.0	6.4	10.9	29.4	122.4	141.8	259.5	176.7	66.5	0.7	6.2	845.1
1966	8.2	1.3		39.3	35.1	86.7	132.6	226.7	111.5	24.1		4.7	720.8
1967	53.9		1.3	16.7	70.5	52.8	148.8	253.2	317.8	91.7		6.3	1 013.0
1968	4.2	14.3	1.0	60.9	52.8	358.6	192.0	165.2	194.3	31.4	4.5	18.6	1 097.8
1969	4.1		17.1	11.6	22.0	36.1	224.0	334.2	149.5	16.2	4.4	0.3	819.5
1970	0.6	4.4	1.0	8.0	35.5	179.1	122.0	97.9	192.5	34.4	0.5		725.9
	13.8	10.8	12.5	34.0	40.4	157.7	164.8	192.2	168.2	54.5	4.6	5.9	848.5

CUADRO IV.10 (concluye)

1971	3.6	5.7	33.1	6.4	22.5	124.0	205.0	189.7	112.4	97.5	20.7	3.7	818.6
1972	0.1	3.9	7.0	21.3	123.0	192.3	160.8	111.4	100.7	70.9	12.2	5.6	811.0
1973	2.0	3.9	22.0	22.0	61.0	240.2	240.2	191.2	170.6	45.6	16.9	912.4	661.0
1974	2.6	14.9	32.6	58.3	142.1	199.3	103.7	95.8	10.4	1.3			902.4
1975	31.4	0.6	2.5	17.8	87.4	163.8	200.8	188.3	109.4	100.4	6.3	33.7	1159.0
1976	4.2	2.7	42.3	75.4	99.7	303.6	299.6	171.2	120.3	60.6	7.3	2.2	719.6
1977	6.0	12.3	11.7	92.2	93.1	174.3	71.7	221.2	159.0	167.5	3.3	5.6	1032.8
1978	3.5	10.9	62.0	0.8	77.5	271.8	123.3	105.4	157.2	152.1	0.3	0.3	735.7
1979	0.5	14.5	3.6	10.8	36.1	123.5	146.4	229.1	152.1	152.1	0.3	0.3	869.9
1980	29.3	1.3	18.0	50.5	49.5	97.6	97.8	214.2	237.2	86.6	5.9	8.3	862.2
	10.6	6.2	18.0	21.6	64.5	146.9	190.1	170.4	152.8	76.0		11.5	
1981	12.3	12.9	10.1	41.7	54.7	191.1	120.0	176.4	86.3	40.4	4.5	4.1	754.5
1982	0.0	46.3	22.1	11.6	98.0	101.9	157.2	83.3	36.2	46.7	1.1	2.6	607.0
1983	12.3	4.0	4.5	19.9	100.7	171.7	244.4	171.7	82.3	44.3	16.0	37.8	737.9
1984	9.5	7.5	2.0	1.4	45.8	138.2	320.7	145.8	233.1	194.2	0.4	5.6	1104.2
1985	1.1	1.8	5.4	63.4	81.6	280.5	158.1	129.0	80.1	62.7	0.3	0.3	864.3
1986	0.0	0.0	0.3	24.5	87.5	291.4	128.1	139.9	99.1	73.1	5.9	0.0	849.8
1987	0.0	6.3	4.9	21.7	54.9	118.9	243.1	183.8	128.4	0.0	4.1	0.0	766.1
1988	0.0	12.4	39.2	14.3	84.1	200.0	219.5	155.3	102.2	16.9	21.8	2.9	868.6
1989	0.5	0.0	2.1	19.2	86.8	95.1	114.3	191.5	96.9	32.7	4.4	16.1	659.6
1990	0.8	6.7	10.1	30.2	70.9	157.8	244.5	176.6	161.4	66.3	0.4	4.7	930.4
	3.7	9.8	10.1	25.3	68.4	167.6	195.0	155.3	110.6	57.7	5.9	7.4	814.2
1991	22.3	5.1	0.0	10.9	82.5	309.4	280.1	143.2	140.1	144.8	16.0	8.3	1162.7
1992	23.8	17.0	13.7	14.9	123.1	53.3	184.4	184.4	232.1	192.4	63.0	1.5	1103.6
1993	11.4	10.2	6.4	21.7	26.2	112.3	257.9	143.9	230.1	28.5	11.7	0.0	860.3
1994	13.8	0.2	1.0	46.6	46.5	181.1	214.2	190.8	141.5	73.9	1.5	0.0	911.1
1995	26.7	6.7	16.0	9.2	79.5	98.1	174.2	233.6	91.8	40.7	64.0	46.8	887.3
1996	0.0	0.3	1.7	53.8	31.8	121.9	110.4	112.1	213.1	75.9	0.0	19.4	740.4
1997	1.7	3.7	26.2	49.8	65.4	64.7	191.1	150.0	111.3	72.9	4.4	4.8	746.0
	14.2	6.2	9.3	29.6	65.0	134.4	201.8	165.4	165.7	89.9	22.9	11.5	915.9
Maxima	99.8	46.3	62.0	99.8	149.0	358.6	320.7	334.2	317.8	194.2	100.9	46.8	1162.7
Minima	0.0	0.0	0.0	0.8	14.3	29.0	62.1	56.2	36.2	0.0	0.0	0.0	460.3
Media	10.5	6.9	10.9	26.2	57.9	138.1	174.5	157.9	137.9	63.7	14.0	8.9	800.1
Mediana	4.2	4.5	6.4	20.4	54.9	126.2	172.3	152.6	126.2	55.9	6.1	4.7	788.8
Moda	0.0	0.3	1.0	10.9	87.5					12.1	4.4	0.0	
Desviación	17.0	8.2	13.0	20.4	29.1	71.2	59.9	58.1	58.1	47.1	18.8	11.2	164.2

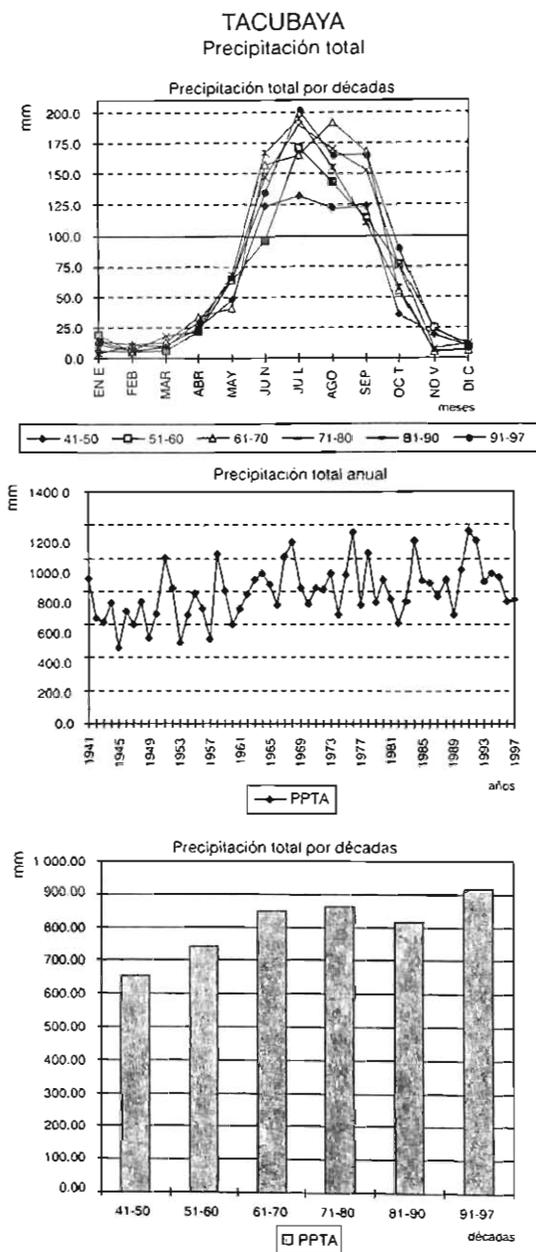


Figura IV.15. Gráficas de precipitación pluvial total histórica, Observatorio de Tacubaya

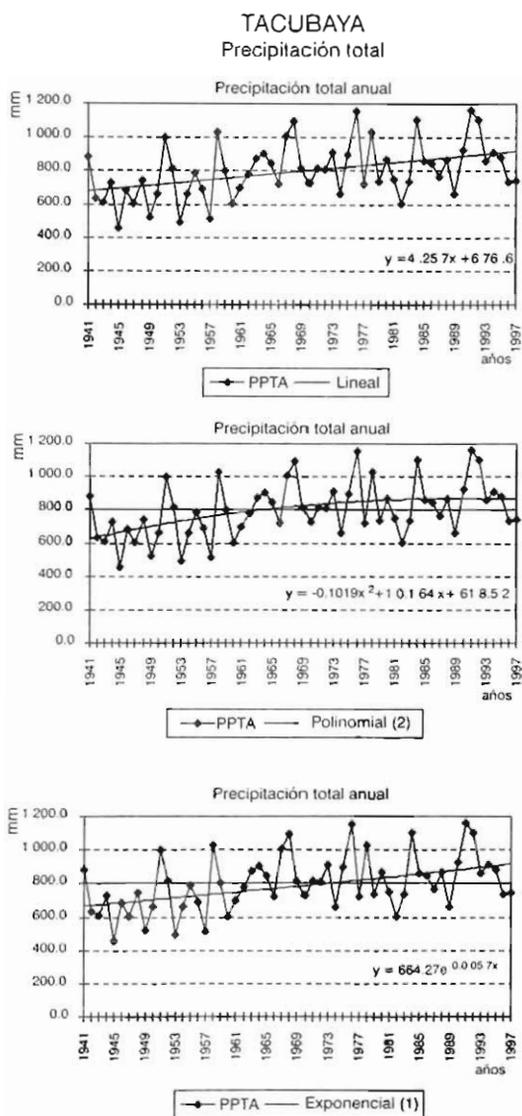


Figura IV.16. Gráficas estadísticas del comportamiento histórico de la precipitación pluvial total, Observatorio de Tacubaya

CUADRO IV.11. Datos climáticos históricos de 1921 a 1997 en el mes de octubre, Observatorio de Tacubaya

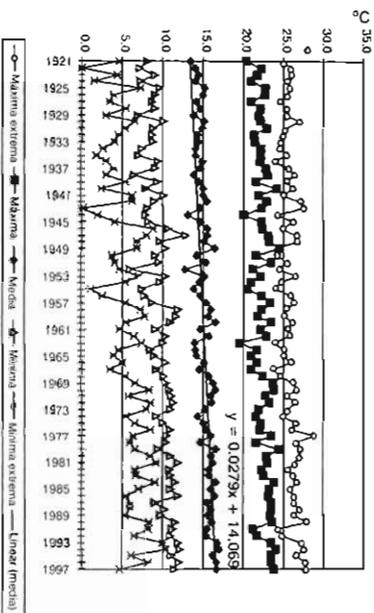
TACUBAYA, D.F.								
Precipitación total								
Año	Temp. media	Temp. máxima	Temp. mínima	Máx. ext.	Mín. ext.	Precipit.	Humedad relativa	Insolación
1921	13.5	20.3	8.1	25.0	4.7	52.9	76.0	158.0
1922	14.1	22.3	7.1	26.0	0.0	56.7	68.0	224.3
1923	14.4	21.7	9.1	25.9	4.4	53.7	71.0	170.0
1924	14.0	21.0	7.3	25.5	1.6	7.8	65.0	243.2
1925	15.2	22.7	9.7	25.8	7.3	33.6	75.0	196.1
1926	15.0	22.6	9.0	25.5	3.9	21.6	71.0	170.9
1927	14.2	20.9	8.7	24.5	3.4	46.1	69.0	173.4
1928	14.7	22.1	9.1	25.3	5.5	41.6	73.0	195.4
1929	13.8	21.9	6.9	25.4	3.0	44.4	64.0	219.6
1930	15.1	22.1	10.1	27.0	6.5	119.3	76.0	226.5
1931	14.9	22.9	8.8	25.2	5.4	21.4	70.0	175.7
1932	14.3	21.3	8.7	24.9	4.5	119.8	77.0	180.4
1933	14.4	21.4	8.8	24.8	4.0	49.7	72.0	204.2
1934	14.1	22.1	7.4	24.5	2.6	19.4	69.0	270.4
1935	14.0	22.1	6.9	25.3	1.8	38.1	69.0	276.2
1936	14.9	22.0	9.4	23.8	3.0	53.6	76.0	167.3
1937	14.6	22.7	9.0	25.6	3.9	47.6	72.0	147.9
1938	13.8	23.0	6.4	26.3	3.0	15.7	64.0	222.6
1939	14.4	21.6	9.3	25.4	5.3	117.6	77.0	162.0
1940	15.0	24.2	7.8	26.2	2.4	15.8	64.0	218.5
1941	15.0	21.9	10.1	24.8	6.2	106.2	77	168.3
1942	15.5	22.9	8.9	27.0	6.2	10.0	60	183.6
1943	14.7	22.3	8.1	27.5	0.1	12.1	64	189.5
1944	13.1	20.0	7.9	24.0	1.9	6.0	63	194.4
1945	14.6	22.3	8.2	26.3	4.0	15.9	65	165.1
1946	15.5	22.4	10.6	24.8	8.8	43.6	73	109.4
1947	15.5	23.1	12.9	26.7	8.0	41.7	66	142.8
1948	15.1	23.2	9.6	26.8	6.8	50.8	69	161.0
1949	16.4	24.5	10.3	24.0	6.8	10.4	61	199.7
1950	14.2	21.5	9.1	24.2	3.7	59.2	65	116.8
1951	15.3	23.4	9.5	25.5	4.0	18.4	62	158.4
1952	12.7	21.2	5.9	24.4	4.6	32.2	58	208.6
1953	15.1	22.2	10.3	26.7	7.0	78.7	69	90.7
1954	14.5	21.0	9.6	24.7	5.4	107.2	70	110.7
1955	13.8	20.5	7.4	23.9	1.1	55.9	69	122.3
1956	14.7	22.3	7.7	25.9	2.5	12.1	60	171.1
1957	15.3	23.3	8.7	26.3	5.4	50.0	63	225.2
1958	16.0	22.3	11.9	25.3	7.3	61.8	74	141.3
1959	15.6	21.8	11.7	25.1	7.7	155.7	81	100.8
1960	16.6	23.5	11.0	26.2	5.5	45.1	73	147.3
1961	14.7	22.1	9.1	25.6	4.6	27.1	67	204.7
1962	15.7	22.9	10.3	25.7	6.4	90.6	68	193.1
1963	13.9	19.5	10.0	23.8	7.4	85.8	80	88.7
1964	14.0	21.7	8.5	25.0	4.5	17.5	63	168.8

CUADRO IV.11 (concluye)

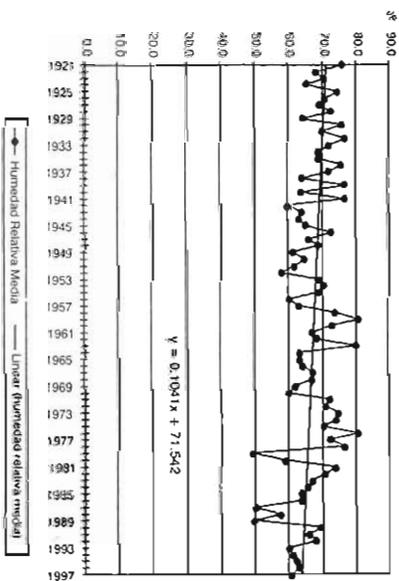
Año	Temp. media	Temp. máxima	Temp. mínima	Máx. ext.	Min. ext.	Precipit.	Humedad relativa	Insolación
1965	14.2	21.0	8.9	25.0	3.9	66.4	63	131.4
1966	15.1	21.7	10.3	26.0	5.0	24.4	64	125.6
1967	14.5	20.9	9.2	23.7	3.4	91.7	67	128.7
1968	15.7	22.4	10.1	24.5	5.4	31.4	67	126.6
1969	16.2	23.7	10.3	26.2	6.5	16.2	62	179.4
1970	16.6	23.8	10.8	26.7	8.3	34.4	60	166.8
1971	15.9	22.7	11.1	25.3	5.7	97.5	72	169.1
1972	16.1	23.2	11.3	26.5	8.4	70.9	71	180.7
1973	15.2	21.9	10.9	25.5	8.0	45.6	75	145.7
1974	14.3	21.5	9.2	24.9	5.5	10.4	74	186.9
1975	15.0	22.1	10.0	26.5	6.5	100.4	70	153.2
1976	15.4	22.0	11.0	26.0	8.5	120.3	81	143.5
1977	16.0	23.5	10.5	28.9	6.3	60.6	72	173.3
1978	14.6	21.6	10.4	26.6	6.0	167.5	77	142.1
1979	16.5	24.4	9.4	27.0	6.5	0.3	49	238.4
1980	15.9	22.8	11.0	26.9	8.4	86.6	59	177.3
1981	16.2	23.0	11.9	26.4	9.2	40.4	74	159.5
1982	15.7	22.3	10.8	25.5	6.6	46.7	71	180.9
1983	15.7	22.5	11.0	26.2	6.7	44.3	67	207.4
1984	16.6	23.8	11.6	26.7	9.0	194.2	66	207.2
1985	16.0	23.2	10.9	25.8	7.0	62.7	64	227.5
1986	16.4	23.1	11.9	26.2	5.5	73.1	64	180.2
1987	15.5	23.4	9.1	26.3	6.0	0.0	50	275.4
1988	16.0	23.5	10.2	27.0	6.0	16.9	58	202.1
1989	15.6	23.3	9.8	26.3	5.4	32.7	50	254.2
1990	16.1	23.6	11.6	28.0	8.3	66.3	70	174.2
1991	15.5	21.2	11.2	24.3	8.2	144.8	66	168.6
1992	15.3	21.7	10.9	24.8	6.5	192.4	68	145.3
1993	16.8	23.4	11.9	27.3	10.0	28.5	60	219.3
1994	17.0	24.1	12.1	27.6	10.3	73.9	61	193.4
1995	16.2	23.4	11.1	26.5	6.2	40.7	62	233.0
1996	16.7	23.5	12.0	27.7	8.2	75.9	63	200.7
1997	16.7	23.8	11.4	27.8	4.8	72.9	61	206.3

Máxima	17.0	24.5	12.9	28.9	10.3	194.2	81.0	276.2
Mínima	12.7	19.5	5.9	23.7	0.0	0.0	49.0	88.7
Media	15.1	22.4	9.7	25.7	5.6	57.0	67.6	178.5
Mediana	15.1	22.3	9.8	25.8	5.6	46.4	68.0	175.0
Moda	15.5	22.3	9.1	25.5	6.5	12.1	64.0	
Desviación	0.9	1.0	1.5	1.1	2.2	43.3	6.7	41.0

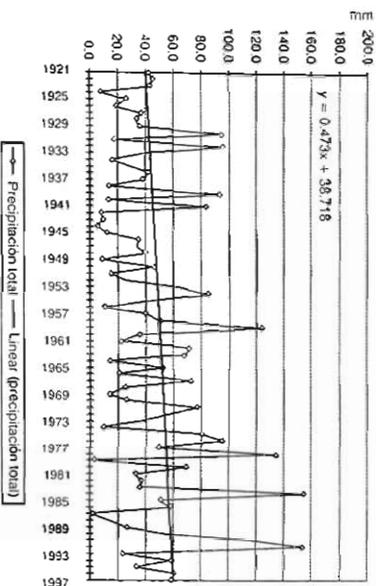
Temperaturas históricas
Octubre



Humedad relativa histórica
Octubre



Precipitación histórica
Octubre



Insolación histórica
Octubre

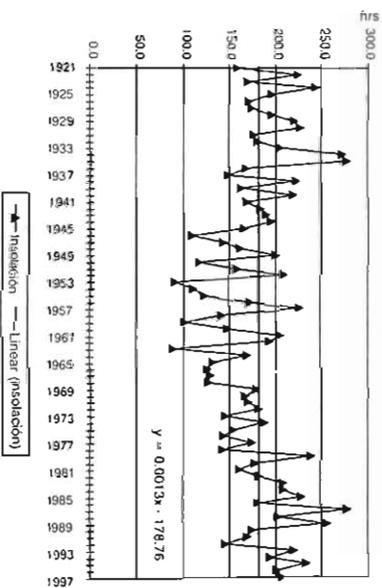


Figura IV.17. Gráficas estadísticas del comportamiento climático histórico de 1921 a 1997 en el mes de octubre, Observatorio de Tacubaya

CUADRO IV.12. Datos históricos de viento de 1981 a 1997, Observatorio de Tacubaya

TACUBAYA, D.F.	
Latitud:	19° 24'
Longitud:	99° 12'
Merid. de vel.:	50° 00'
Altitud:	2,308 msnm

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Dominante	Frec.	Máx.	Mín.
1981	d NNE 1.1	NNE 2.0	ONO 1.9	NNE 1.3	NNE 1.1	NNE 0.9	NNE 1.1	NNE 1.1	NNE 1.2	NNE 1.1	NNE 1.1	ONO 0.5	NNNE	1.2	2.0	0.5
1982	p ONO 5	O 0.7	O 1.4	O 1.6	O 0.8	NND 1.1	O 0.7	NNO 1.2	NNO 1.1	NNO 0.9	NNO 1.1	NNO 1.3	NNO	1.2	1.9	0.7
1983	d O 1.7	O 0.8	O 2.2	O 2.0	NNE 1.0	NNO 0.8	NNO 0.9	NNO 0.8	NNO 0.8	NNO 0.8	NNO 0.6	NNE 0.7	NNO	1.1	2.2	0.6
1984	p NNO 0.9	O 1.5	O 1.3	O 1.4	O 1.1	O 0.8	O 0.8	NNO 0.8	NNO 0.8	NNO 1.0	NNO 0.6	NNO 1.0	NNO	1.0	1.5	0.6
1985	d O 1.4	NNO 0.9	O 1.5	O 1.1	ONO 1.1	O 0.5	NNO 1.5	O 2.8	NNO 3.5	NNO 3.4	NNO 3.5	NNO 2.8	NNO	2.0	3.5	0.5
1986	p d NNO 3.1	NNO 3.0	NNO 3.1	ONO 3.0	NNE 3.3	O 3.4	O 3.4	O 3.3	NNO 4.1	O 4.1	N 3.4	O 1.9	O	3.2	4.1	1.9
1987	p d ONO 3.7	O 5.2	O 4.8	O 4.0	N 2.7	O 2.9	O 2.4	O 2.5	N 3.5	O 3.6	N 3.5	O 3.2	N	3.5	5.2	2.4
1988	d NO 1.8	N 3.4	O 4.7	O 4.0	N 4.4	O 4.0	O 2.7	NNO 3.5	N 4.0	N 3.9	N 3.8	NNO 3.9	N	3.7	4.7	1.8
1989	d ONO 2.1	O 4.3	O 3.4	O 3.1	N 3.1	N 3.8	O 3.8	O 3.7	N 4.2	O 3.2	NNO 3.5	O 2.2	N-NO	3.5	4.3	2.1
1990	d ONO 3.4	O 3.4	O 4.8	O 3.5	N 4.3	N 4.2	O 3.0	N 3.6	N 4.4	N 3.5	NNO 4.1	O 1.9	N	3.7	4.8	1.9
1991	d O 3.9	O 3.5	O 4.0	O 4.6	N 3.4	O 3.8	O 3.0	O 5.3	O 3.8	O 4.0	NNO 3.2	O 3.2	N	3.8	5.3	3.0
1992	p d O 4.6	N 3.6	O 3.0	O 3.0	N 2.7	O 3.1	O 2.9	O 3.1	N 3.3	O 2.2	O 2.2	O 2.3	NO	3.0	4.6	2.2
1993	d NO 2.8	O 2.6	O 3.9	O 3.0	N 3.5	O 2.6	O 2.3	O 3.2	O 3.1	O 3.6	O 3.9	O 2.9	NO	3.1	3.9	2.3
1994	p O 2.7	O 3.3	O 3.2	O 2.8	O 4.0	O 2.3	O 2.7	O 2.6	O 5.2	O 2.8	O 2.2	O 2.7	NO	3.0	5.2	2.2
1995	d O 2.0	O 2.8	O 2.5	O 3.5	N 3.1	O 3.4	O 3.0	O 2.8	O 3.1	O 3.6	O 3.2	O 3.2	N	3.0	3.6	2.0
1996	p d O 2.9	N 3.3	O 3.8	O 3.7	N 3.8	O 2.4	O 2.7	O 2.5	O 3.0	O 2.4	NNO 3.2	O 1.9	N	3.0	3.8	1.9
1997	d O 3.4	O 2.4	O 2.8	O 6.0	N 3.5	O 2.8	O 3.0	O 4.0					NO	3.5	6.0	2.4
PROMEDIO	d ONO 2.6	N 2.7	O 3.1	O 3.1	N 2.8	N 2.5	O 2.3	O 2.8	N 3.1	O 2.7	NNO 2.7	O 2.2	N	2.7	6.0	0.5

g. m/seg

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

DIAGNÓSTICO

El clima de la ciudad de México ha venido cambiando en los últimos años. Son varios los factores que se conjugan en este proceso de alteración, desde los globales, en todo el planeta, hasta los regionales y muy puntuales. Sin embargo la mayoría de ellos se resumen en lo que podríamos llamar un proceso de urbanización acelerado, junto con todos los problemas que esto conlleva.

Estos cambios son evidentes para los habitantes de la ciudad, principalmente para aquellos de edad mayor que conocieron a "la ciudad más transparente", que en la actualidad dista mucho de aquella imagen añorada.

El clima se define como el conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmósfera en un lugar determinado. Como se ha visto, esta caracterización media está cambiando paulatinamente. La temperatura ha aumentado en 1.5°C; de igual manera la precipitación se ha incrementado 34%, mientras que la humedad ha disminuido 2.45 puntos porcentuales.

No obstante estas alteraciones, aún se puede decir que el clima de la ciudad de México es benigno desde el punto de vista climático (no así desde el punto de vista de la calidad del aire). En estas condiciones cualquier tipo de edificación puede ser climatizada de forma natural. Los sistemas y equipos de aire acondicionado artificiales son prácticamente innecesarios, y su uso podría restringirse únicamente a espacios con requerimientos especiales, tales como edificios del sector Salud; inmuebles en donde se reúnan

un gran número de personas, como teatros, auditorios, etc., o edificios que requieran controlar de manera estable la temperatura o la calidad del aire, como laboratorios o centros de cómputo. Por otro lado, la mayoría de las edificaciones habitacionales y de oficinas pueden disfrutar de condiciones ambientales adecuadas mediante un correcto diseño arquitectónico.

Sin embargo, no se debe perder de vista el daño que se está ocasionando al medio ambiente de la ciudad de México. Es necesario que en todos los ámbitos se tome conciencia de la problemática real y se lleven a cabo todas las acciones y medidas correctivas necesarias para tratar de revertir los daños, mitigar los efectos negativos y, en la medida de lo posible, restaurar el ambiente.

RESUMEN

En este capítulo se hace una caracterización climática, energética y ambiental de la ciudad de México. Se presentan los antecedentes ambientales de la ciudad y los recursos naturales con que cuenta, así como el impacto que la acción humana ha tenido sobre ellos. Se muestran los datos climáticos normalizados más recientes del Observatorio Nacional y de varios puntos significativos de la ciudad. Se exponen los problemas ambientales que se están presentando, sus causas, efectos, así como las consecuencias de este deterioro, que están llevando a la ciudad a sufrir alteraciones climáticas significativas además de una drástica disminución de la calidad ambiental de vida de sus habitantes.

Ejercicios de aplicación para el grupo

- Recabar información climatológica básica de diferentes localidades.
- Procesar la información climática obtenida y graficar los resultados del comportamiento climático.
- Realizar una evaluación bioclimática a partir de las distintas herramientas disponibles (tablas, matrices, cartas bioclimáticas, nomogramas, etcétera).
- Hacer un análisis histórico del comportamiento climático ambiental de una localidad.
- Elaborar gráficas solares de proyección ortogonal y estereográfica, y calcular los valores de posición solar a lo largo del día en solsticios y equinoccios.

Guía para la autoevaluación

- Defina el clima de la ciudad de México.
- ¿Cuáles son los principales parámetros ambientales que influyen en el comportamiento climático de una localidad?
- ¿Qué importancia tiene la ubicación geográfica de una localidad (latitud, longitud y altitud) en su comportamiento climático?
- ¿Cuál es la influencia de la morfología urbana en el comportamiento general del viento?
- ¿Cómo puede definirse una inversión térmica?
- ¿En qué consiste el efecto invernadero?
- ¿Qué diferencia hay entre alteración y cambio climático?
- ¿Cuáles son los principales factores que está propiciando el calentamiento global del planeta?
- Mencione tres factores que estén propiciando las alteraciones climáticas en la ciudad de México.
- ¿A qué se debe la formación de “islas de calor” en las áreas urbanas?

SOLUCIONES ALTERNATIVAS PARA LA PRESERVACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE EN LA CIUDAD DE MÉXICO EN RELACIÓN CON EL HÁBITAT CONSTRUIDO

ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA
E INTEGRACIÓN DE NUEVAS ALTERNATIVAS
ENERGÉTICAS Y USO EFICIENTE DE LAS ENERGÍAS
CONVENCIONALES. PRINCIPIOS BÁSICOS
Y APLICACIONES

LOS EDIFICIOS DEL HÁBITAT construido de las ciudades consumen una parte importante del total de la energía comercialmente disponible mundial. Esta situación se refleja sobre todo en el diseño y construcción de edificios contemporáneos, que se ha caracterizado, sobre todo en los últimos cuarenta años, por la falta de consideración en el proceso de diseño, de aspectos que hoy en día revisten una importancia primordial. Estos aspectos se relacionan con la preservación de la energía y del medio ambiente, teniendo al hombre como principal centro de atención para la satisfacción óptima de sus necesidades, tanto fisiológicas como psicológicas.

En este trabajo se presentan las causas de la falta de consideración de los aspectos antes citados y se plantean las pautas a seguir para su integración en el proceso de diseño. Asimismo, se analiza el potencial de una arquitectura con sentido común, es decir, con un enfoque bioclimático, para lograr ahorro y uso eficiente de la energía, y condiciones de confort ambiental integral para los ocupantes de las edificaciones.

A partir de la década de los sesenta se evidencia con mayor intensidad en la arquitectura

mexicana la introducción de una serie de conceptos que aún hoy en día se presentan en las nuevas edificaciones, sobre todo en las grandes urbes, como es el caso de la ciudad de México. Estos conceptos han girado en torno a una supuesta racionalización espacial y económica en el proceso constructivo, ignorando la interrelación del usuario con su entorno y los factores naturales, así como la utilización sensata y eficiente de los recursos energéticos disponibles.

Por las características propias de su diseño y las del entorno natural circundante, la mayoría de las edificaciones modernas se caracterizan por una utilización intensiva de los combustibles fósiles convencionales y una alta dependencia, en muchas ocasiones innecesaria, de equipos de climatización artificial y alumbrado.

Esta inadecuación de las edificaciones en relación con las demandas climáticas del sitio donde se ubican ha provocado una serie de distorsiones y anomalías que afectan a los usuarios en aspectos tales como el confort ambiental intramuros, la productividad y eficiencia en las diversas actividades del hombre, la salud, y la economía de los ocupantes, entre otros. Además, el uso intensivo de los combustibles fósiles provoca la emisión —casi siempre innecesaria— de contaminantes a la atmósfera, con el consecuente deterioro ambiental que en la ciudad de México ha alcanzado niveles alarmantes, y que en muchos casos son de carácter irreversible.

Esta situación no puede prevalecer indefinidamente. Por lo tanto, es necesario que se tomen medidas correctivas para solucionar los problemas ocasionados por la falta de una arquitectura que se integre armónicamente a su medio natural y responda satisfactoriamente a las verdaderas necesidades de los usuarios. Sobre todo hay que considerar la necesidad de ahorrar energía y hacer un uso eficiente de ésta para contribuir a la conservación de los recursos naturales existentes y asegurar su disponibilidad para las futuras generaciones.

Es un hecho evidente que la premisa fundamental de diseño del hábitat: buscar protección y abrigo contra la acción de los elementos circundantes, que el constructor primitivo transmitió de generación en generación para dar lugar a la "arquitectura tradicional" o "vernácula", se ha modificado y distorsionado drásticamente, sobre todo a partir de la década de los sesenta. Este proceso ha venido ocurriendo a partir de la creación y uso de nuevos materiales constructivos y de los sistemas de instalaciones y servicios de los edificios. A partir de entonces se ha intensificado en las grandes urbes una arquitectura conocida como *estilo internacional*, caracterizada por construir el mismo tipo de edificación sin importar las condicionantes climáticas, socioculturales y económicas de un determinado sitio y proyecto. Este tipo de arquitectura se identifica por su dispendio de energía y excesiva dependencia en equipos de climatización e iluminación artificial. Esta situación provoca un efecto nocivo en el medio ambiente y en la salud y economía de las personas.

En la actualidad, los diferentes géneros de edificios en el mundo consumen grandes cantidades de energía fósil no renovable para calentar, enfriar, ventilar, humidificar, deshumidificar e iluminar sus diversos espacios, así como para calentar el agua y para la cocción de los alimentos. Hoy en día, la mayoría de los arquitectos no pueden concebir el diseño y la construcción de un edificio sin sistemas de climatización artificial y las incluyen de manera automática en sus estimaciones presupuestales, ignorando o aceptando los efectos resultantes provocados por dichos estilos de diseño: enormes dispendios

y gastos energéticos, efectos nocivos en la salud de los usuarios y en su economía, y daños potenciales en el medio ambiente.

En México, la mayoría de las edificaciones, sobre todo en el medio urbano, se caracterizan por su alta dependencia y consumo intensivo de combustibles fósiles; además, no presentan una respuesta armónica a las exigencias del entorno natural circundante y más bien obedecen a diseños propios de otras latitudes y formas de vida.

La mayoría de los requerimientos de climatización e iluminación de espacios, calentamiento de agua, así como la generación propia de energía, pueden ser satisfechos en gran medida con el manejo adecuado de una arquitectura con sentido común, basada en el ahorro y uso eficiente de la energía y en el aprovechamiento de las fuentes alternativas disponibles en el entorno natural, tales como energía solar, eólica, etc. con esto se reduciría significativamente la excesiva emisión de contaminantes y el severo daño en el medio ambiente, que afectan en diversos niveles a la salud, la eficiencia y productividad en el trabajo, y la calidad de vida de las personas.

La *arquitectura bioclimática* se refiere a la aplicación de una arquitectura con sentido común en el proceso de diseño y construcción de edificaciones. En este contexto, es muy importante el papel que desempeña la envolvente constructiva, ya que ésta deberá ser diseñada como un agente dinámico que interactúe favorablemente entre el exterior e interior y viceversa, de tal manera que actúe como un filtro selectivo biotérmico, lumínico, acústico y olfativo, capaz de modificar con versatilidad, tanto diurna como estacionalmente, la acción de los factores naturales del microclima, admitiéndolos, rechazándolos, transformándolos o modulándolos, según lo requieran los ocupantes en el espacio interior.

El ahorro y uso eficiente de las energías convencionales y la aplicación en las edificaciones de las nuevas alternativas energéticas, orientadas a la preservación del medio ambiente y al mejoramiento de la economía y calidad de vida del hombre, son algunos de los objetivos del diseño con sentido común o diseño bioclimático, que implica la utilización de "sistemas pasivos", es decir, el manejo de la edificación misma para

seleccionar aquellos componentes del medio ambiente exterior que contribuyan a proporcionar confort ambiental interior para los ocupantes en sus diversos espacios.

Con lo indicado anteriormente se obtendrían beneficios: *a)* económicos, al considerar como costo total de una edificación los costos de operación y mantenimiento durante la vida útil de la misma; *b)* en la salud y productividad de los ocupantes, al mejorar las condiciones ambientales intramuros; y *c)* en la preservación del medio ambiente, al disminuir el consumo de combustibles fósiles convencionales y en consecuencia coadyuvar a la reducción de la emisión de contaminantes en el entorno natural y sobre todo a mejorar la calidad de vida del hombre.

ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA Y DESARROLLO SUSTENTABLE. INTEGRACIÓN

El contacto de los seres humanos con su medio ambiente ha conducido siempre a la búsqueda de medios para satisfacer diversos requerimientos. Desde las primeras manifestaciones del hombre, una de las principales necesidades ha sido contar con una vivienda adecuada y digna; desde entonces, las acciones para proporcionar un hábitat al hombre, en un proceso acelerado de transformación de pequeñas ciudades a centros urbanos densamente poblados, ha traído como consecuencia niveles de consumo de energía y recursos cada vez mayores, que han provocado un severo deterioro ambiental. Ciertamente, estos patrones de uso energético y la emisión de gases de invernadero resultante, entre otros factores, han causado un efecto negativo en los diversos ecosistemas del planeta. En la actualidad, más de la mitad de la energía comercialmente disponible, sobre todo en la forma de combustibles fósiles, se consume en los diversos géneros de edificios en el mundo. Una alternativa promisoría para revertir esta situación, que se manifiesta principalmente en el medio ambiente construido de los grandes centros urbanos, es la aplicación de medidas de ahorro y uso eficiente de las fuentes convencionales de energía, combinados con la aplicación de las "nue-

vas" fuentes de energía naturales renovables (tales como la energía solar y la eólica), asociados con programas sociales y educativos que se integren armónicamente con el medio ambiente. Para esto, los recursos naturales se utilizarían de manera tal que se satisficieran las necesidades del presente sin comprometer la posibilidad de que las generaciones venideras pudieran, a su vez, satisfacer las propias, tal y como lo ha establecido la Comisión Brundtland en su concepto de *desarrollo sustentable* (WCED, 1987).

Por lo tanto, para lograr todos los beneficios de la aplicación de la arquitectura bioclimática es indispensable que se integre a ésta el concepto de desarrollo sustentable, con todas sus consideraciones.

Con este enfoque es posible y deseable *reconciliar el crecimiento económico y la productividad con la protección del medio ambiente natural*. Por ejemplo, las medidas de ahorro y uso eficiente de la energía también representan ahorro en diversos sectores de la economía y reducción de la emisión de contaminantes al entorno natural. Una de las condiciones principales en la aplicación del desarrollo sustentable es que en cualquier proceso de toma de decisiones, las actividades productivas, la economía y la protección del medio ambiente estén interrelacionadas, sin sacrificar el equilibrio natural por un mero desarrollo que se anteponga a los derechos humanos en el planeta, por razones económicas, políticas o de otra índole.

En la actualidad las tendencias de la arquitectura contemporánea en el medio ambiente construido y sus consecuencias, deben corregirse con base en la aplicación de acciones orientadas hacia un diseño y planificación de edificios y ciudades que proporcione una respuesta favorable a la tradición, cultura y clima de una comunidad en un lugar determinado. Estas acciones también deben aprovecharse, retomar las experiencias positivas del pasado y aplicar el estado del arte de las innovaciones científicas y tecnológicas disponibles, con una cultura ecológica tal que satisfaga las verdaderas necesidades de las personas con un enfoque de desarrollo sustentable en constante evolución.

La aplicación de las fuentes de energía naturales renovables, es un factor clave para promover

los cambios necesarios en la situación actual al medio ambiente. Varios estudios confirman este objetivo. El reporte de la Comisión Mundial de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo (UNWCED), enfatiza las ventajas de usar la energía solar y otras alternativas y considera a estas fuentes renovables como la punta de lanza para alcanzar un desarrollo sustentable global (Rostvik, 1992). Algunos estudios (Flavin, 1997) han revelado que, contrario a lo que pudiera pensarse, que una reducción significativa en las emisiones de contaminantes puede ser difícil y cara, diversas políticas y medidas efectivas que ya han sido adoptadas por algunos países, han resultado en una reducción significativa de las emisiones, y en un mejoramiento notable de la economía y calidad de vida de las personas.

PRINCIPIOS Y ESTRATEGIAS
DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO PARA EL SECTOR
HABITACIONAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Introducción

Uno de los problemas que presenta particular importancia en México es precisamente la adecuación climático-ambiental de las edificaciones con su entorno natural. Lograr el bienestar humano en el interior de las viviendas, y en general las edificaciones, ha sido, desde las primeras manifestaciones del hombre, la premisa fundamental. El hombre siempre ha buscado protegerse de la acción de las condiciones adversas del entorno. Los constructores primitivos demostraron un profundo conocimiento de su entorno natural al relacionarlo con su hábitat, logrando así una "respuesta armónica" a las exigencias del medio ambiente.

Desafortunadamente, a partir de la Revolución Industrial los problemas ocasionados por el uso irracional de los energéticos y recursos naturales se han venido manifestando, lo cual se ha reflejado en el quehacer arquitectónico. Como consecuencia de todo esto podemos mencionar, entre otros problemas: la absurda dependencia de sofisticados sistemas de climatización artificial de las edificaciones; problemas de salud de

los usuarios debido a la exposición a ambientes interiores nocivos; altos costos de operación y mantenimiento, y un daño severo al medio ambiente con la consecuente afectación de todo tipo de vida en la Tierra.

Más de 90% de nuestra existencia transcurre dentro de los espacios, cualesquiera que éstos sean. Por ello resulta de vital importancia para las personas contar con condiciones ambientales apropiadas que les permitan desarrollar todas sus actividades saludable y confortablemente.

Calor extremoso insoportable, humedad o sequedad excesivos, frío intenso, carencia de niveles adecuados de iluminación, deslumbramientos nocivos, ventilación insuficiente, niveles de ruido intolerables, mala calidad del aire debido a la excesiva y peligrosa contaminación proveniente del exterior y de las fuentes internas de las edificaciones, son algunos de los principales problemas ambientales que perjudican la salud y el bienestar de los habitantes de la ciudad de México. En 1983 la Organización Mundial de la Salud emitió un informe donde se señala que 73% de las enfermedades respiratorias se deben a diseños arquitectónicos inadecuados.

Ya no se puede seguir ignorando la estrecha vinculación del hombre con la naturaleza a través de la arquitectura. Es muy importante que el hábitat sea diseñado en función de su continuo intercambio energético, para que pueda brindar a los ocupantes las condiciones de comodidad que permitan satisfacer sus necesidades psicofisiológicas. Lograr condiciones y niveles óptimos de bienestar es una necesidad de siempre; no es una moda ni un lujo. El arquitecto o constructor actuales tienen la responsabilidad de proporcionar mediante su trabajo edificaciones que, además de hacer un uso eficiente de la energía, se integren armónicamente al entorno natural para propiciar espacios dignos, confortables y saludables para el cuerpo, la mente y el espíritu de los usuarios.

Para identificar las condiciones bioclimáticas de la ciudad de México y definir las estrategias de diseño más adecuadas es necesario utilizar distintos tipos de herramientas de análisis bioclimático. El primer paso es definir claramente el concepto de confort y los rangos de bienestar

de los habitantes, ya que, en primera instancia, es el hombre el punto central del diseño urbano y arquitectónico.

CONFORT AMBIENTAL

El término confort es de hecho un anglicismo que podría ser sustituido por el de bienestar, aunque éste parece ser un concepto más amplio relacionado directamente con la salud. La Organización Mundial de la Salud define a la salud como aquel estado de bienestar físico, psicológico y social del individuo en relación con su entorno.

Por otro lado entendemos por confort el estado físico y mental en el cual el hombre se encuentra al estar satisfecho (sentir bienestar) con el medio ambiente circundante. Como se puede apreciar, no existe diferencia significativa entre las dos definiciones, sin embargo conceptualmente la primera se refiere a un estado temporal más amplio (aunque no permanente) y abarca aspectos que no son considerados por el segundo, como el aspecto de bienestar social.

El confort se refiere de manera más puntual a un estado de percepción ambiental momentáneo, el cual ciertamente está determinado por el estado de salud del individuo, pero además por muchos otros factores, los cuales se pueden dividir en forma genérica en dos grupos: los endógenos, internos o intrínsecos del individuo, y los exógenos o externos, que no dependen de la persona.

Los factores internos que determinan el confort son: raza, sexo, edad, características físicas biológicas, salud física y mental, estado de ánimo, grado de actividad metabólica, experiencia y asociación de ideas, etcétera.

Los factores externos que determinan el confort son: grado de arropamiento, tipo y color de la vestimenta, y factores ambientales como la temperatura del aire, la radiación térmica, la humedad del aire, la velocidad del viento, los niveles lumínicos y la calidad de la luz, los niveles acústicos y la calidad del sonido, la calidad del aire, los olores, los ruidos, el electromagnetismo, los elementos visuales, etcétera.

Asimismo existen factores psicológicos y sociales que pueden ser determinantes de la sensación de confort. Por ejemplo, la tensión o el estrés ocasionados por la falta de trabajo, dinero o adecuadas condiciones laborales, el hacinamiento, la inseguridad, la violencia, etc., de tal forma que el confort psicológico es sumamente importante.

Si bien el confort se obtiene mediante la integración de todos los factores, por fines prácticos suele dividirse en varios tipos, de acuerdo con el canal de percepción sensorial de que se trata. De esta manera se cuenta con los siguientes tipos de confort:

- Confort térmico
- Confort lumínico
- Confort acústico
- Confort olfativo
- Confort psicológico

Confort térmico

El confort térmico se refiere a la percepción del medio ambiente circundante que se da principalmente a través de la piel, aunque en el intercambio térmico entre el cuerpo y el ambiente los pulmones intervienen de manera muy importante.

El cuerpo humano es un organismo sumamente complejo que tiene que desarrollar múltiples funciones para mantener su equilibrio e interactuar adecuadamente con su entorno.

Metabolismo

En oposición a los animales de sangre fría, cuya temperatura se adapta a la del medio ambiente, el hombre debe mantener constante su temperatura corporal (entre 36.5° y 37.5°) en cualquier condición climática. La energía necesaria para lograr esta autorregulación se obtiene mediante la oxidación de los alimentos que se proporciona al organismo.

La mayoría de los procesos bioquímicos que intervienen en la formación de tejido, en la conversión de energía y el trabajo muscular (proce-

tos metabólicos) son exotérmicos, es decir, producen calor.

La producción total de calor metabólico puede dividirse en: *metabolismo basal*, es decir, la energía calorífica producida por todas las transformaciones implícitas en los procesos automáticos y vegetativos; y el *metabolismo muscular*, que es la energía calorífica producida por los músculos al llevar a cabo un trabajo controlado de manera consciente.

La cantidad de energía calorífica producida por metabolismo basal varía muy poco, sea cual sea la actividad que desarrolle el individuo. Sin embargo, la energía producida por metabolismo muscular depende directamente del grado de actividad que se tenga.

De este modo, del total de la energía producida solamente se utiliza alrededor de 20% para las necesidades internas del cuerpo, mientras que el 80% restante debe disiparse al medio ambiente, en forma de calor. De hecho, para que exista

equilibrio térmico es necesario que la totalidad de este calor restante sea disipada. Esta disipación se lleva a cabo a través de la piel y los pulmones. Los datos de producción de calor por metabolismo, dependiendo del grado de actividad del individuo, son enlistados en el cuadro V.1 (ss, 1981):

El metabolismo es uno de los factores internos más importantes que intervienen en la obtención del confort. Algunos otros son la edad, el sexo, el color de la piel, la forma y superficie corporal, la acumulación de grasa, la condición de salud, los tipos de alimentos y bebidas, etcétera.

Temperatura del aire

Éste es uno de los factores más importantes ya que entre mayor sea la diferencia entre la temperatura del aire y la del cuerpo, mayor será el flujo de calor.

CUADRO V.1. Niveles de metabolismo promedio

Grado metabólico promedio para un hombre adulto (watts)

<i>Actividad</i>	<i>Total</i>	<i>Basal</i>	<i>Muscular</i>
Sueño profundo	70	70	0
Descanso acostado	88	88	0
Descanso sentado	115	92	0
Trabajo ligero sentado	130	92	38
Trabajo ligero de pie	150	92	58
Caminar despacio	160	92	68
Trabajo de escritorio	210	93	117
Trabajo de oficina de pie	235	93	142
Trabajo medio	265	93	172
Trabajo medio pesado	300	93	207
Trabajo pesado	400	94	306
Trabajo pesado durante 8 horas	440	94	346
Trabajo muy pesado (máximo 30 minutos)	1 500	94	1 160

La temperatura del aire óptima en la cual el cuerpo disipa adecuadamente el calor generado depende de varios factores. Entre ellos, la aclimatación del individuo que desempeña un papel importante, ya que, por ejemplo, una persona acostumbrada a vivir en un clima frío soporta temperaturas más bajas que otra que no lo está.

Esta temperatura óptima (la cual es llamada comúnmente "temperatura neutra") representa un punto en la escala térmica, por ello es más conveniente hablar de un rango de temperatura en el cual el individuo expresa satisfacción (térmica) con el ambiente. El rango de confort térmico ha sido definido de distinta manera por varios autores. La temperatura neutra y la zona de confort pueden determinarse de acuerdo con las siguientes fórmulas:

$$T_n = 17.6 + (0.31) T_{ma}$$

$$ZC = TN \pm 2.5^\circ C$$

donde:

T_n = Temperatura neutra
 T_{ma} = Temperatura media anual
ZC = Zona de confort

Al aplicar estas fórmulas, tenemos que en la ciudad de México la temperatura de confort es de $22.4^\circ C$ y la zona de confort se encuentra entre 19.9 y $24.9^\circ C$.

Temperaturas horarias

Analizando los datos climáticos del Observatorio de Tacubaya encontramos que, de acuerdo con las temperaturas horarias de todo el año, únicamente en los meses de marzo, abril y mayo las temperaturas sobrepasan la zona de confort, esto sucede aproximadamente entre las 14:00 y 17:00 hrs. Prácticamente durante todo el año, desde las 20:00 hrs. hasta las 12:00 del día se cuenta con temperaturas por debajo del confort. Contabilizando los números de horas se tiene que 3.8% de tiempo corresponde a condiciones de sobrecalentamiento; en 23.6% se tienen condiciones confortables y en 72.6% las condiciones

térmicas se encuentran por debajo del rango de confort.

Temperatura radiante (radiación)

Junto con la temperatura, la radiación afecta enormemente la sensación térmica del organismo, incluso algunos estudios sugieren que en el hombre la temperatura radiante es más significativa que la temperatura del aire. Esto es fácil de entender si imaginamos estar en un ambiente con aire frío pero expuestos a la radiación del sol o a la emitida por una chimenea o fogata.

Un ambiente urbano tiene muchas emisiones radiantes, primero por la gran cantidad de materiales constructivos que absorben y emiten calor, tales como el asfalto, el concreto, el acero, etc. Asimismo, existen muchos equipos y motores que generan energía térmica radiante, entre ellos los principales son los automóviles.

Humedad del aire

La humedad desempeña un papel importante en los mecanismos de intercambio térmico del cuerpo, tanto en la sudoración como en la evaporación e intercambio térmico pulmonar (evotranspiración).

Recordemos que la humedad relativa tiene una relación inversamente proporcional a la temperatura, es decir, que a mayor temperatura la humedad relativa decrece y, por el contrario, a una temperatura baja se presenta una humedad relativa alta.

En el caso de la ciudad de México ya quedó expuesto que existen muchos factores que están haciendo disminuir la humedad del ambiente.

El rango de confort higrométrico es bastante amplio, en general suele aceptarse el rango entre 20 y 80% de humedad relativa, aunque el rango óptimo se encuentra entre 40 y 60 por ciento.

Humedades horarias

Analizando el comportamiento de la humedad relativa (HR) horaria observamos que desde el mes

CUADRO V.2. Datos horarios de temperatura y humedad

TACUBAYA, D.F. 1951-1980

Datos horarios de temperatura y humedad
 Temperatura máxima y humedad relativa máxima a las 15:00 hrs.
 Temperatura mínima y humedad relativa máxima a las 6:00 hrs.

Ubicación: Seminario Ch'w'jw'w'g
 Latitud: 16° 21'
 Longitud: 99° 17'
 Merid. de ref.: 99° 00'
 Altitud: 2 308 metros

MES	TM	Tm	Tmed
Enero	21.2	5.8	12.9
Febrero	23.0	7.1	14.5
Marzo	25.7	9.2	17.0
Abril	26.6	10.8	18.0
Mayo	26.5	11.7	18.1
Junio	24.6	12.2	17.2
Julio	23.0	11.5	16.0
Agosto	23.3	11.6	16.3
Septiembre	22.3	11.5	15.7
Octubre	22.2	9.8	15.1
Noviembre	21.8	7.9	14.0
Diciembre	20.8	6.6	12.9
Annual	23.4	11.0	15.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	PRO
8.6	7.8	7.0	6.3	5.9	5.8	6.2	7.2	8.6	10.8	13.5	16.5	19.0	20.6	21.2	21.0	20.4	19.4	18.1	16.5	14.7	12.6	11.2	10.0	12.9
10.4	11.3	8.3	7.7	7.2	7.1	7.5	8.6	10.4	12.5	15.2	18.3	20.7	22.3	22.9	22.7	22.1	21.1	19.8	18.3	16.5	14.6	12.9	11.6	14.5
12.7	11.5	10.5	9.8	9.2	9.2	9.6	10.8	12.7	15.0	17.8	20.9	23.5	25.1	25.7	25.5	24.9	23.9	22.6	21.0	19.1	17.2	15.5	14.0	17.0
13.8	12.8	11.9	11.3	10.9	10.8	11.2	12.2	13.2	15.7	18.5	21.7	24.3	26.0	26.6	26.4	25.8	24.7	23.3	21.7	19.8	17.8	16.1	14.9	16.0
14.0	13.2	12.6	12.1	11.8	11.7	12.0	12.8	14.0	15.5	18.1	21.4	24.1	25.9	26.5	26.3	25.6	24.6	23.1	21.4	19.5	17.4	15.9	14.9	18.1
13.6	13.3	12.8	12.4	12.3	12.2	12.4	12.9	13.6	14.6	16.7	19.8	23.4	24.0	24.6	24.4	23.8	22.8	21.5	19.8	18.0	16.1	14.8	14.2	17.2
12.6	12.5	11.9	11.7	11.6	11.8	11.6	12.0	12.6	13.4	15.4	18.4	20.8	22.4	23.0	22.8	22.2	21.2	20.0	18.4	16.6	14.8	13.6	13.1	16.0
12.9	12.5	12.1	11.8	11.7	11.6	11.8	12.2	12.9	13.8	15.8	18.8	21.2	22.8	23.3	23.1	22.5	21.6	20.3	18.8	17.1	15.2	14.0	13.4	16.3
12.5	12.2	11.9	11.7	11.5	11.6	12.0	12.5	13.2	15.1	17.9	20.3	21.8	23.3	22.1	21.5	20.6	19.4	17.9	16.3	14.5	13.4	12.9	15.7	
11.7	11.0	10.5	10.1	9.9	9.8	10.0	10.7	11.6	12.9	15.0	17.8	20.2	21.7	22.2	22.0	21.4	20.5	19.3	17.9	16.2	14.4	13.1	12.4	15.1
10.2	9.4	8.8	8.3	8.0	7.9	8.2	9.0	10.2	11.7	14.1	17.1	19.6	21.2	21.8	21.6	21.0	20.0	18.7	17.2	15.4	13.5	12.0	11.1	14.0
9.0	8.2	7.5	7.0	6.7	6.6	6.9	7.7	9.0	10.6	13.1	16.1	18.6	20.2	20.8	20.6	20.0	19.0	17.7	16.1	14.4	12.5	11.0	10.0	12.9
11.9	11.1	10.5	10.0	9.7	9.6	9.9	10.7	11.8	13.3	15.7	18.7	21.2	22.8	23.4	23.2	22.6	21.6	20.3	18.7	17.0	15.1	13.6	12.7	15.6

Mes	HBM	Hrm
Enero	72	38
Febrero	65	35
Marzo	64	28
Abril	63	31
Mayo	79	29
Junio	81	27
Julio	92	48
Agosto	93	48
Septiembre	90	52
Octubre	83	49
Noviembre	88	36
Diciembre	81	39
Annual	79	40

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	PRO
63	60	60	71	72	72	71	68	58	52	47	42	38	38	38	39	41	44	46	50	53	57	60	62	55
57	60	62	61	65	65	64	58	53	47	43	39	36	35	35	36	38	40	42	45	48	48	52	55	50
55	58	61	62	64	64	63	55	49	43	37	32	29	28	28	28	30	34	37	40	44	48	48	52	46
55	58	60	62	63	63	62	59	55	50	44	39	35	33	31	31	33	34	36	39	42	45	49	52	47
66	71	74	77	78	79	77	73	67	58	50	42	35	31	31	31	34	37	41	46	51	57	62	64	
72	75	78	80	81	81	80	77	73	66	61	56	51	48	47	47	48	50	53	55	59	63	68	72	70
81	86	88	90	92	92	91	87	81	74	66	59	53	49	46	48	48	50	52	55	59	63	68	72	71
82	85	86	89	91	92	92	88	82	75	66	60	54	50	49	51	51	53	56	60	64	69	73	78	71
80	84	86	88	88	90	89	86	81	74	68	62	56	53	52	52	54	56	61	65	69	73	77	72	71
74	77	83	86	87	83	89	87	79	75	69	63	58	53	50	49	49	50	52	55	57	61	64	68	71
75	79	80	84	86	83	88	86	82	75	67	62	56	52	48	46	47	48	51	54	57	61	64	68	70
70	74	74	77	79	79	81	81	80	76	71	64	56	50	44	40	39	39	41	43	46	49	54	58	60
69	73	76	78	79	79	78	75	69	63	56	50	45	41	41	40	41	42	44	47	50	54	58	62	60

CUADRO V.3. Datos horarios de temperatura y humedad con indicación de rangos para Tacubaya

TACUBAYA, D.F. 1951-1980

Datos horarios de temperatura y humedad

Temperatura máxima y humedad relativa mínima a las 15:00 hrs.

Temperatura mínima y humedad relativa máxima a las 6:00 hrs.

Bosque: Semifrio C(w)hw(f)g
 Latitud: 19° 24'
 Longitud: 99° 12'
 Metod. de rel.: 9P 12
 Altitud: 2 308 metros

MES	Tm	Tn	Tmed
Enero	21.2	5.8	12.9
Febrero	22.9	7.1	14.5
MARZO	25.7	9.2	17.0
Abril	26.6	10.8	18.0
MAYO	26.5	11.7	18.1
Junio	24.6	12.2	17.2
Julio	23.0	11.5	16.0
Agosto	21.3	11.6	16.3
Septiembre	22.3	11.5	15.7
Octubre	22.2	9.8	15.1
Noviembre	21.8	7.9	14.0
Diciembre	20.3	6.6	12.9
ANUAL	23.4	9.6	15.6

Mes	HrM	HrM
Enero	72	38
Febrero	65	35
Marzo	64	28
Abril	63	31
MAYO	79	29
Junio	81	47
Julio	92	48
Agosto	93	49
Septiembre	90	52
Octubre	83	49
Noviembre	88	36
Diciembre	81	39
ANUAL	79	40

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	PROG
8.8	7.8	7.0	6.3	5.9	5.8	6.2	7.2	8.3	10.8	13.5	16.5	19.0	20.6	21.2	21.0	20.4	19.4	18.1	16.5	14.7	12.8	11.2	10.0	12.9
10.4	9.3	8.3	7.7	7.2	7.1	7.5	8.6	10.2	12.5	15.3	18.3	20.7	22.3	22.9	22.7	22.1	21.1	19.8	18.2	16.5	15.0	14.6	14.5	15.7
12.2	11.5	10.5	9.8	9.4	9.2	9.9	11.2	12.7	15.0	17.6	20.9	23.5	25.1	25.7	25.5	24.9	23.9	22.6	21.0	19.1	17.2	15.5	14.0	17.0
13.8	12.8	11.9	11.3	10.9	10.8	11.2	12.2	13.8	15.7	18.5	21.7	24.3	26.0	26.6	26.4	25.8	24.7	23.3	21.7	19.8	17.8	16.1	14.9	18.0
14.0	13.2	12.6	12.1	11.8	11.7	12.0	12.8	14.0	15.5	18.1	21.4	24.1	25.9	26.5	26.3	25.6	24.6	23.1	21.4	19.5	17.4	15.9	14.9	18.1
13.6	13.2	12.8	12.4	12.3	12.2	12.4	12.9	13.6	14.6	16.7	19.8	22.4	24.0	24.6	24.4	23.8	22.8	21.5	19.8	18.0	16.1	14.8	14.2	17.2
12.6	12.3	11.9	11.7	11.6	11.5	11.6	12.0	12.6	13.4	15.4	18.4	20.8	22.4	23.0	22.8	22.2	21.2	20.0	18.4	16.6	14.8	13.6	13.1	16.0
12.9	12.5	12.1	11.8	11.7	11.6	11.8	12.2	12.9	13.8	15.8	18.8	21.2	22.8	23.3	23.1	22.5	21.6	20.3	18.8	17.1	15.2	14.0	13.4	16.3
11.2	11.0	10.5	10.1	9.9	9.8	10.0	10.7	11.6	12.9	15.0	17.8	20.2	21.7	22.2	22.0	21.4	20.0	18.7	17.2	15.4	13.5	12.6	11.1	14.0
10.2	9.4	8.8	8.3	8.0	7.9	8.2	9.0	10.2	11.7	14.1	17.1	19.6	21.2	21.8	21.6	21.0	20.0	18.7	17.9	16.2	14.4	13.1	12.4	15.1
9.0	8.2	7.5	7.0	6.7	6.6	6.9	7.7	9.0	10.6	13.1	16.1	18.6	20.2	20.8	20.6	20.0	19.0	17.7	16.1	14.4	12.5	11.4	10.0	12.9
11.9	11.1	10.5	10.0	9.7	9.6	9.9	10.7	11.9	13.3	15.7	18.7	21.2	22.8	23.4	23.2	22.6	21.6	20.3	18.7	17.0	15.1	13.6	12.7	15.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	PROG		
6.1	6.0	6.0	6.1	6.5	6.5	6.7	6.1	5.8	5.3	4.7	4.2	3.9	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	5.5		
5.7	6.0	6.2	6.4	6.5	6.6	6.7	6.1	5.8	5.3	4.7	4.2	3.9	3.8	3.5	3.5	3.6	3.8	4.0	4.2	4.5	5.3	5.7	6.0	5.5		
5.5	5.8	6.1	6.2	6.4	6.4	6.4	6.3	6.0	5.5	4.9	4.3	3.7	3.2	2.9	2.8	2.8	3.0	3.1	3.4	3.7	4.0	4.4	4.8	5.2	4.6	
6.6	7.1	7.4	7.7	7.8	7.8	7.9	7.7	7.3	6.7	5.8	5.0	4.2	3.5	3.1	2.9	3.0	3.1	3.2	3.4	3.6	3.9	4.2	4.5	4.8	5.2	4.7
7.2	7.5	7.8	8.0	8.1	8.1	8.1	8.0	7.7	7.1	6.7	6.1	5.6	5.1	4.8	4.7	4.7	4.8	5.0	5.3	5.5	5.9	6.2	6.5	6.9	6.4	
8.1	8.5	8.8	9.0	9.2	9.2	9.1	8.7	8.1	7.4	6.6	5.9	5.3	4.9	4.8	4.8	4.8	4.8	5.0	5.2	5.5	5.9	6.3	6.8	7.2	7.0	
8.2	8.6	8.9	9.1	9.3	9.3	9.2	8.8	8.2	7.5	6.7	6.0	5.4	5.0	4.9	4.9	5.1	5.3	5.6	6.0	6.4	6.9	7.3	7.7	8.1	7.1	
8.0	8.4	8.6	8.8	9.0	9.0	8.9	8.6	8.1	7.4	6.8	6.2	5.6	5.3	5.2	5.2	5.4	5.6	5.8	6.1	6.5	6.9	7.3	7.7	8.1	7.1	
7.5	7.9	8.0	8.2	8.3	8.3	8.2	7.8	7.5	6.9	6.3	5.8	5.3	5.0	4.9	4.9	5.0	5.2	5.5	5.7	6.1	6.4	6.8	7.1	6.6		
7.4	7.7	8.1	8.6	8.7	8.8	8.6	8.2	7.5	6.7	6.1	5.7	5.2	4.8	4.6	4.6	4.7	4.8	4.9	5.1	5.4	5.7	6.1	6.5	7.0	6.2	
7.0	7.4	7.7	7.9	7.9	8.1	8.1	8.0	7.6	7.1	6.4	5.8	5.4	5.0	4.4	4.0	3.9	3.9	4.1	4.3	4.6	4.9	5.4	5.8	6.2	6.0	
6.9	7.1	7.6	7.8	7.8	7.9	7.9	7.8	7.5	6.9	6.3	5.8	5.4	5.0	4.5	4.1	4.0	4.1	4.2	4.4	4.7	5.0	5.4	5.8	6.2	6.0	

TEMPERATURA		COMFORT		HUMEDAD RELATIVA			
DE	4.00	A	44.9	DE	0.0	A	10.0
DE	35.0	A	39.9	DE	10.0	A	19.0
DE	30.0	A	34.9	DE	20.0	A	29.0
DE	25.0	A	29.9	DE	30.0	A	39.0
DE	19.9	A	24.9	DE	40.0	A	49.0
DE	14.9	A	19.8	DE	50.0	A	59.0
DE	9.9	A	14.8	DE	60.0	A	69.0
DE	4.9	A	9.8	DE	70.0	A	79.0
DE	-0.1	A	4.8	DE	80.0	A	89.0
DE	-5.1	A	-0.8	DE	90.0	A	99.0

de noviembre a mayo se presentan condiciones de resequedad, pero únicamente en marzo y hasta mayo se presentan humedades inferiores a 20 por ciento.

Por otro lado, de junio a diciembre se alcanzan humedades relativas por arriba de 80%. Contabilizando los datos tenemos que tan sólo 1.4% del tiempo se encuentra por debajo de 20% de HR; 84.7% de la humedad se encuentra dentro del rango adecuado y 13.9% de la humedad sobrepasa 80% de HR.

Movimiento del aire

El movimiento del aire también tiene efectos térmicos en el individuo, aun sin cambiar su temperatura, ya que a través del movimiento del aire se incrementa la disipación de calor del organismo de dos maneras: incrementando las pérdidas convectivas de calor y acelerando la evaporación.

El movimiento del aire también tiene efectos no térmicos (mecánicos) en la sensación de confort. Algunas reacciones subjetivas para varias velocidades del aire se muestran en el cuadro V.4.

CUADRO V.4. Sensación de velocidad del viento

	Rango de velocidad	Sensación
Menor a	0.25 m/seg	imperceptible
De	0.25 a 0.50 m/seg	agradable
De	0.50 a 1.00 m/seg	perceptible
De	1.00 a 1.50 m/seg	desagradable
Mayor a	1.50 m/seg	muy molesto

De acuerdo con estas sensaciones, el rango de confort por movimiento de aire puede fijarse entre 0.25 y 1.00 m/seg en espacios interiores, fijándose como límite máximo permisible 1.5 m/seg.

Normalmente el viento en la ciudad de México tiene una velocidad entre 0.9 y 1.4 m/seg y se presenta 22% de calmas. Esto significa que la velocidad del aire dentro de las edificaciones, generalmente será menor. La velocidad del vien-

to de la ciudad no es un factor de importancia pero sí lo es la *calidad del aire*, con el que se realiza la ventilación de los locales constructivos.

Temperatura Efectiva Corregida

Existe un parámetro que busca expresar la sensación térmica del individuo ante la acción conjunta de las variables de *temperatura del aire*, *radiación*, *humedad* y *velocidad del viento*. Este parámetro se conoce como *Temperatura Efectiva Corregida* (TEC), que relaciona todas estas variables.

En la ciudad de México, con la temperatura máxima del mes de abril de 26.6 (TBS) se obtiene una temperatura efectiva corregida de casi 21.3°C con una velocidad de viento de 0.5 m/seg. Como puede apreciarse, aun en las condiciones más desfavorables desde el punto de vista térmico, se pueden obtener sensaciones de confort, simplemente utilizando la *ventilación natural*.

Riesgos térmicos

La falta de condiciones térmicas adecuadas provoca trastornos fisiológicos, cuyos efectos pueden ir desde los temporales de poca significación, hasta los graves que dañan seriamente el organismo e incluso provocan la muerte.

Las principales alteraciones se presentan en el aparato circulatorio y en los demás órganos que intervienen directamente en el intercambio de calor. En condiciones de alta temperatura la presión arterial aumenta, así como el ritmo cardíaco y respiratorio, los vasos sanguíneos se dilatan, se incrementa la evotranspiración, aumenta la demanda de oxígeno e ingestión de líquidos, además de otros efectos secundarios.

A bajas temperaturas los efectos se invierten, la presión arterial disminuye al mismo tiempo que el ritmo cardíaco y respiratorio, los vasos sanguíneos se contraen y disminuye la actividad general de todos los órganos.

La falta de humedad o exceso de ella provoca alteraciones en el intercambio energético normal de los pulmones, interfiere la capacidad evaporativa de la piel y provoca cambios en la fauna

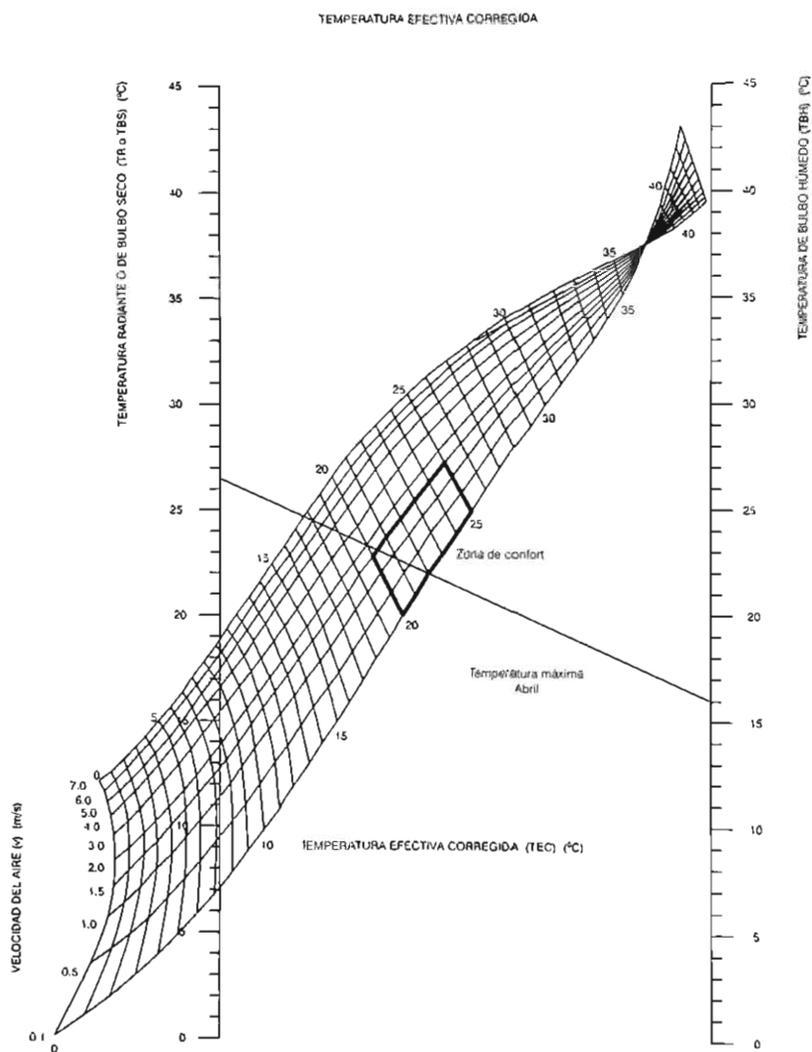


Figura V.1. Diagrama de temperatura efectiva corregida

normal de la piel. Esto, aunado con la contaminación física, química y biológica del aire, puedan provocar enfermedades de las vías respiratorias o en la superficie cutánea o subcutánea.

Confort lumínico

El confort lumínico se percibe a través del sentido de la vista. Se hace notar que el confort lumínico difiere del confort visual, ya que el primero se refiere de manera preponderante a los aspectos físicos, fisiológicos y psicológicos relacionados con la luz, mientras que el segundo principalmente a los aspectos psicológicos relacionados con la percepción espacial y los objetos que rodean al individuo.

La radiación solar tiene dos componentes, la térmica y la lumínica. De tal forma, la luz natural es uno de los recursos más abundantes en nuestro planeta, en contraste con otras fuentes de energía convencional; sin embargo, ésta se encuentra disponible sólo durante el día. Prácticamente desde que el hombre descubrió el fuego, al mismo tiempo descubrió la iluminación artificial. Antorchas, velas, lámparas de aceite y posteriormente de petróleo y gas fueron utilizadas durante cientos de años hasta que Thomas A. Edison, y Joseph W. Swan a finales del siglo pasado, inventaron casi concurrentemente la bombilla eléctrica.

Desde entonces, el hombre ha inventado una gran variedad de lámparas y sistemas de alumbrado utilizando la iluminación eléctrica de manera intensiva, y de esta forma ha obtenido la posibilidad de ampliar su horario de actividades las 24 horas del día. Esto evidentemente acarrea consigo la ruptura o alteración de los ciclos biológicos naturales (sueño-vigilia, entre otros), pero además puede provocar otras alteraciones fisiológicas y psicológicas.

Suele asumirse que si se provee una cantidad suficiente de luz, según algunas normas, se puede desarrollar cualquier tipo de trabajo; sin embargo, es necesario considerar la calidad de la luz además de la cantidad. La calidad se relaciona con las características de iluminación que facilitan la visión. Normalmente todas estas características están interrelacionadas.

Calidad de la luz

Quizá la primera característica lumínica determinante de la calidad sea el tipo de luz o calidad cromática; es decir, el tipo de energía que se está recibiendo. Dentro del amplio espectro de radiación electromagnética se percibe como luz visible sólo una estrecha banda que va desde los 380 a los 780 nanómetros ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) de longitud de onda. La sensibilidad del ojo humano varía con la longitud de onda, y la máxima sensibilidad se presenta alrededor de los 550 nm (correspondiente al color verde). Por otra parte, si se analiza la emisión de radiaciones electromagnéticas del Sol, se encontrará que la longitud de onda de máxima emisión se da alrededor de los 500 nm (correspondiente al color azul).

Ambos valores, *la máxima sensibilidad del ojo y la máxima emisión solar* se encuentran muy cercanos; esto es indicativo de que el ojo humano está diseñado para percibir de manera más sensible la luz emitida por el Sol.

Por su lado, la radiación electromagnética emitida por los sistemas de iluminación artificial está muy alejada de la eficiencia visual del ojo; por ejemplo, una lámpara incandescente tiene su máxima emisión con una longitud de onda de 966 nm (correspondiente a los rayos infrarrojos, fuera del espectro de luz visible).

El esfuerzo que tiene que realizar el ojo ante exposiciones prolongadas y constantes de luz artificial ocasionará deformaciones y trastornos ópticos, pero además puede haber otros efectos sobre la salud del individuo, tal como lo muestran algunos estudios realizados en el laboratorio neuroendocrino del Instituto de Tecnología de Massachusetts (LP, 1981), donde se encontró que la luz artificial puede ocasionar disminución en la absorción de calcio en el organismo. Otros estudios muestran que la luz fluorescente normal emite rayos ultravioleta, la cual puede llegar a incrementar hasta 5% la exposición normal del Sol; la exposición prolongada y continua a esta radiación ultravioleta puede ocasionar en personas sensibles la generación de cáncer en la piel. Por otro lado, también es necesario mencionar que la luz puede ser utilizada como cromoterapia.

Además de los factores cromáticos existen otros factores que determinan la calidad de la percepción lumínica, los más importantes son *el contraste y el deslumbramiento*.

El ojo percibe los objetos gracias al contraste, el cual se define como toda diferencia cualitativa o cuantitativa de luz percibida en un campo visual, o sea, es necesario que existan diferencias de color, iluminación, luz y sombra, etc., para poder percibir cualquier objeto. A mayor contraste, mayor diferenciación entre los objetos; sin embargo, *el excesivo contraste* en un espacio puede ocasionar deslumbramiento debido a la gran diferencia de iluminación entre la fuente lumínica y el espacio circundante. Por ejemplo, una ventana pequeña con gran iluminación exterior y pobre iluminación interior será una fuente de deslumbramiento.

Cantidad de luz

El ojo humano está diseñado para percibir un enorme rango de variación lumínica; puede percibir desde 0.1 lux a la luz de la luna llena, hasta más de 100 000 lux en un día muy claro con luz solar brillante y cielo despejado.

La pupila se ajusta automáticamente a los cambios de luz; sin embargo, cambios bruscos en los niveles de iluminación pueden provocar, además de una sensación muy desagradable en ocasiones acompañada de dolor, lesiones del sentido de la vista, a veces transitorias y otras permanentes.

La eficacia visual aumenta proporcionalmente con el incremento de la iluminación. Esto se da de manera más marcada con niveles bajos de iluminación y no es tan significativo con niveles altos.

Los niveles óptimos de iluminación que se establecen en el nivel normativo son muy variados, dependiendo de la fuente que se consulte, y también varían de país a país; véase el cuadro V.5.

Evidentemente estos valores también están determinados por las estrategias y políticas para la utilización de la energía. Y el aspecto energético, aunque no está relacionado con el confort, también es muy importante desde el punto de

CUADRO V.5. Normas de iluminación

	Trabajo delicado (iluminación alta)	Trabajo excepcionalmente severo (iluminación especial)
URSS	50-100 lux	150-300 lux
Hungría	150-300	300-500
Reino Unido	600	2 000-3 000
EUA	1 500	5 000-10 000
México, (DMSS, 1985)	300-400	600

vista ambiental. Resulta difícil creer que la mayoría de los edificios de la ciudad de México utilicen de manera preponderante la iluminación artificial durante el día y desperdicien la iluminación natural, que es un recurso tan valioso y necesario para la salud y el confort, y además gratuito. La iluminación artificial debe emplearse durante la noche, y en el día sólo como complemento para compensar las variaciones de la luz natural. Por lo tanto, es muy importante integrar armónicamente en las edificaciones la iluminación eléctrica con la iluminación natural.

Aspectos psicológicos de la luz

Además de los aspectos fisiológicos mencionados anteriormente, tanto la calidad como la cantidad de la luz tienen importantes impactos psicológicos sobre el individuo.

El tipo de luz, ya sea natural o artificial, y su intensidad afectan directamente la percepción del medio ambiente y por lo tanto tiene repercusiones en el *estado de ánimo*, y en general, en muchas respuestas del individuo.

A través del manejo adecuado de la luz se pueden obtener aumentos en la eficiencia y productividad en el trabajo, estimular el apetito, provocar atracción visual hacia determinados objetos o espacios, lograr sensaciones de melancolía, romanticismo, alegría, erotismo o agresividad. La luz es un factor determinante del confort humano integral.

Confort acústico

Se refiere a la percepción que se da a través del sentido del oído, donde se incluyen, además de los factores acústicos, los factores del ruido.

Las fuentes sonoras están siempre presentes tanto en zonas urbanas como rurales, incluso en los lugares "silenciosos" como un campo abierto o una casa aislada. En sí, la existencia de sonidos es necesaria para la percepción del entorno; de hecho, la ausencia total de sonidos puede afectar seriamente la salud física y mental del individuo.

El confort acústico se refiere a las sensaciones auditivas, tanto en contar con niveles sonoros adecuados (aspectos cuantitativos), como contar con una adecuada calidad sonora (aspectos referidos al timbre, reverberación, enmascaramiento, etcétera).

La acústica se encarga del diseño de los espacios, dispositivos y equipos necesarios para contar con una buena audición. Esto es sumamente importante para determinados géneros de edificios y espacios abiertos, ya que contar con una buena audición (percepción) ayuda a procesar adecuadamente la información adquirida y a interactuar de manera más eficaz con el medio ambiente (ligado directamente con la comunicación).

Cuando el sonido es desordenado o demasiado intenso se convierte en un factor contaminante, que denominamos *ruido* (aunque en general podemos definir al ruido como cualquier tipo de sonido indeseable, sea éste ordenado o desordenado, tenue o intenso).

En el caso de las grandes concentraciones urbanas, como es el caso de la ciudad de México, las fuentes de contaminación por ruido se han multiplicado en proporción a su población. Los niveles de ruido que se presentan cotidianamente en estas grandes urbes son francamente nocivos para la salud de sus habitantes.

Lo primero es entender qué es el ruido y sus repercusiones a corto, mediano y largo plazo.

Todo sonido tiene su origen en la vibración de un cuerpo, la cual se transmite a través del aire, es percibida por el sentido del oído e interpretada por el cerebro. El sonido es entonces una forma de energía que presenta dos características básicas: *sonoridad* e *intensidad*.

La intensidad es la cantidad de energía transmitida a través del aire. Ésta varía en función de la distancia entre la fuente sonora y el individuo receptor, se mide en decibeles "A" (dBa), e incluye todos los rangos de frecuencia.

La sonoridad es la fuerza con la que se percibe el sonido, la presión que hace vibrar al tímpano o que llega a romper un vidrio. Se mide en niveles de presión acústica (NPA).

Cuando el sonido perturba de alguna manera al individuo, se convierte en ruido. El grado de esta perturbación depende de muchos factores, entre ellos están: el sexo, la edad, la experiencia y relación de sonidos, el estado de ánimo, etc. Sin embargo, se han establecido parámetros que definen un rango de confort o bienestar general. La Organización Mundial de la Salud (OMS, 1983) establece los rangos que se muestran en el cuadro V.6.

CUADRO V.6. Niveles de ruido

Rango de intensidad	
Muy silencioso	0 a 25 dBa
Silencioso	25 a 35 dBa
Moderado	35 a 45 dBa
Ruidoso	45 a 55 dBa
Muy ruidoso	más de 55 dBa
Límite de la OMS	90 dBa
Umbral de dolor	130 dBa

(En la ciudad de México se ha detectado que por lo menos 50% de los autobuses urbanos y 90% de los foráneos sobrepasan el límite máximo de los 90 dBa) (MP, 1984).

Efectos del ruido

El ruido tiene diversos efectos tanto fisiológicos como psicológicos, entre los más importantes se pueden mencionar los siguientes:

Interferencia en la comunicación

En lugares con niveles de ruido superiores a los 55 dBa la comunicación oral entre dos personas

implica levantar la voz para hablar, lo que representa un esfuerzo adicional y molestias tanto para el parlante como para el oyente. Además la comunicación por otros medios se dificulta; tal como hablar por teléfono, entender los mensajes de un sistema de sonido, etcétera.

Pérdida de la audición

La exposición ocasional o constante al ruido puede provocar pérdida temporal o permanente en forma gradual, parcial o total de la capacidad auditiva. De hecho, con el paso del tiempo el hombre pierde gradualmente su capacidad para escuchar los sonidos en intensidad y frecuencias variadas. Sin embargo, los efectos patológicos de sonidos intensos son fácilmente apreciables en personas expuestas constantemente a ruidos en sus medios laborales, tales como operadores de maquinaria pesada, músicos, etcétera.

Perturbación del sueño

Todas las personas han experimentado alguna vez la interrupción del sueño producida por sonidos intensos o ruidos. La exposición a fuentes de ruido ocasiona perturbación del sueño. Puede suceder que un ruido nos despierte al momento, que afecte el nivel de profundidad y duración del sueño o provoque dificultad para conciliarlo. Estos efectos pueden producirse de manera instantánea a la generación del ruido o de manera desfasada, es decir, que un individuo expuesto a fuentes de ruido durante el día puede padecer sus efectos durante la noche.

Evidentemente los niveles confortables y la intensidad de ruido son mucho más bajos para dormir que los que podemos tolerar durante las horas de vigilia o actividad. La Organización Mundial de la Salud recomienda para dormir un máximo de 35 dBa (en muchas zonas de la ciudad de México difícilmente se encuentran niveles inferiores a 55 dBa).

Estrés

Algunos especialistas señalan un alto índice de personas neuróticas (98%) a causa del estrés,

sobre todo en los grandes núcleos urbanos. Se ha demostrado que el ruido actúa directamente sobre el sistema nervioso autónomo, tiene efectos sobre el aparato circulatorio y cardiovascular y provoca hipertensión. El estrés puede provocar cefaleas, migrañas y dolores musculares, además de problemas psicológicos tales como ansiedad, irritación, desesperación, impotencia, etc. y problemas de relación social.

Efectos en el rendimiento

Se han hecho estudios que demuestran que las exposiciones al ruido disminuyen la eficiencia en el trabajo del individuo y reducen su concentración en las actividades que realiza. Esto tiene repercusiones en la productividad y seguridad de los trabajadores, ya que muchos de los accidentes laborales se deben a distracciones por causa de ruidos.

Problemas psicológicos por causa del ruido

Algunos investigadores relacionan el ruido ambiental con la salud mental, y aun cuando no es posible establecer una relación directa, algunas estadísticas realizadas en otros países determinan que un alto índice de casos con problemas mentales presentan exposición a distintas fuentes de ruido.

Además de los problemas psicológicos que puede provocar el ruido es necesario mencionar que a través de sonidos es posible producir distintas sensaciones psicológicas sobre el individuo; por ejemplo, a través de un adecuado manejo del sonido (o música en algunos casos) es posible crear ambientes que propicien relajamiento, tranquilidad, concentración, o en otros casos, dispersión, excitación, etcétera.

Confort olfativo

Se refiere a la percepción a través del sentido del olfato. Aunque este tipo de confort pocas veces es considerado, es un factor importante que debe ser tomado en cuenta, sobre todo en lugares contaminados.

El confort olfativo tiene dos vertientes de análisis. La primera se refiere a la utilización de olores agradables con el fin de producir cierta sensación psicológica en el individuo. Este punto ha sido tradicionalmente utilizado por la arquitectura del paisaje mediante la colocación de distintas plantas aromáticas; sin embargo, actualmente se está generalizando el uso de productos químicos para eliminar o enmascarar olores desagradables.

Esto último nos conduce a la segunda vertiente: el manejo que se debe dar a los olores desagradables, aspecto directamente relacionado con la contaminación ambiental.

La solución parece obvia: eliminar la fuente contaminante, ya sea cualquier tipo de desechos sólidos, líquidos, químicos, naturales, etc., así como tratar de eliminar cualquier aparato de combustión o productor de gases contaminantes.

Aunque esta solución es obvia, es muy difícil de llevarla a cabo, principalmente en las grandes concentraciones urbanas; pero además de este tipo de macrocontaminación, en el ámbito doméstico se encuentra una gran cantidad de productos y elementos contaminantes de uso cotidiano, tales como estufas, hornos, calentadores, productos químicos de limpieza, insecticidas, solventes, detergentes y jabones, medicamentos, cigarrillos, etc. que contaminan el interior de los espacios.

Todos estos productos deben ser manejados de manera especial, almacenándolos en lugares adecuados y controlados; además es necesario proveer la ventilación suficiente a todas las habitaciones, principalmente a las que de alguna manera son contaminantes (RGCH, 1991).

Si bien es cierto que las plantas ayudan a absorber sustancias contaminantes y a producir oxígeno, en realidad se les exige demasiado, ya que se olvida que también son organismos vivos que son de igual manera afectados por la contaminación y que muchas veces no son capaces de procesar tal variedad y cantidad de contaminantes.

En ocasiones es posible utilizar filtros selectivos de agua, químicos, electromagnéticos, sintéticos, etc., sin embargo, éstos sólo son paliativos que no solucionan el verdadero problema.

El confort olfativo se refiere únicamente al

manejo de los olores, pero es necesario considerar que a través de la nariz se introducen también muchas sustancias y partículas no aromáticas que no son percibidas por el sentido del olfato, pero que sí lo afectan y disminuyen su capacidad perceptiva, perjudicando todo el sistema respiratorio, alterando la salud y consecuentemente el confort del individuo, lo cual implica que los espacios no tengan la adecuada y necesaria *calidad del aire* que requieren sus ocupantes.

Confort psicológico

El confort psicológico se refiere a la percepción global que tiene el cerebro de toda la información sensorial que recibe del medio ambiente. Ésta es analizada y procesada en función de la información residente (conocimiento y experiencia), de tal forma que el individuo responderá de una u otra manera, expresando satisfacción o desagrado ante los estímulos ambientales.

Evidentemente los aspectos psicológicos mantienen una estrecha relación con todos los medios de percepción descritos anteriormente, además de muchos otros factores determinantes del comportamiento humano. Todos ellos interactúan entre sí estableciendo una red sumamente compleja, por ello son analizados de manera independiente.

Es curioso cómo los aspectos psicológicos interactúan con los factores térmicos, lumínicos, acústicos y olfativos. Por ejemplo, el disconfort fisiológico térmico y lumínico puede ser compensado por factores visuales del diseño de los espacios, tales como el manejo de los colores, texturas, espacios, volúmenes, vacíos, macizos, etcétera.

Por su parte, el grado de disconfort acústico u olfativo disminuye al perder la ubicación o percepción visual directa de la fuente contaminante. Por ejemplo, si se coloca una barrera vegetal angosta, pero suficientemente densa para obstruir la vista entre una avenida (contaminante de ruido) y un edificio, es posible que en las personas disminuya la percepción del ruido (psicológica) a pesar de que los niveles sonoros intensos disminuyen de manera insignificante. Del mismo modo el disconfort se

incrementa drásticamente si se percibe visualmente la fuente de contaminación.

GEOMETRÍA SOLAR APLICADA EN LA ARQUITECTURA

La geometría solar es uno de los elementos más importantes dentro del proceso de diseño arquitectónico, ya que al conocer el comportamiento de la trayectoria de los rayos solares, y considerar tanto su componente térmica como lumínica, se podrá dar una *óptima orientación al edificio*, mejor ubicación de los espacios interiores, de acuerdo con su uso y requerimientos específicos, y se podrán diseñar adecuadamente las aberturas y los dispositivos de control solar. Así se lograrán efectos directos o indirectos de calentamiento, enfriamiento e iluminación, los cuales se traducirán en confort y bienestar para los ocupantes.

Existen varios métodos de análisis de la trayectoria solar; en términos generales éstos se pueden agrupar en métodos gráficos, matemáticos y mediante modelos físicos de simulación. Cada uno de estos métodos tiene una aplicación específica.

Dentro de los principales modelos están los siguientes:

Gráfica cartesiana. Este tipo de gráfica se utiliza principalmente para la determinación de obstrucciones de la trayectoria solar debida a objetos, naturales o artificiales, del entorno.

Gráfica de proyección ortogonal. Este tipo de gráfica es el más empleado en el análisis arquitectónico, debido a que el lenguaje de los planos arquitectónicos se hace generalmente en este mismo sistema de proyección; así, hay una compatibilidad total entre la representación de la trayectoria solar y los planos de la edificación. Esta gráfica normalmente se utiliza para el estudio de penetraciones solares en los espacios, estudios de sombras y diseño de dispositivos de control solar.

Gráfica estereográfica. Ésta integra los valores de altura y acimut, de tal forma que es muy práctica para estudiar orientaciones, rangos de asoleamiento y para el diseño de dispositivos de

control solar en función de los ángulos y rangos de protección.

Métodos matemáticos. En ocasiones es necesario tener las coordenadas solares precisas. En este caso lo más conveniente es realizar el cálculo matemático para ubicar la posición solar en un tiempo determinado.

Es necesario señalar que existe una diferencia entre el tiempo solar y el tiempo local. El tiempo solar o verdadero se refiere a la posición real de la Tierra respecto al Sol y a la incidencia de los rayos solares en un momento preciso. El tiempo local u oficial es el que por convención adopta un país, y una localidad por conveniencia operativa.

En el caso de la ciudad de México, el meridiano que se toma como referencia para el tiempo oficial es el de 90°C WG. La ciudad se localiza en una longitud de 99°12', lo que representa una diferencia de 9°12'WG. Cada 15°equivalen a una hora, por lo tanto la diferencia horario por esta diferencia de longitud entre el meridiano de referencia y el meridiano real es de 36 minutos 48 segundos. Además es necesario considerar las variaciones debidas a la *ecuación del tiempo*, las cuales dependen de la ubicación de la Tierra con respecto al Sol en su recorrido anual, es decir, de la *declinación*.

Asimismo es importante mencionar que el norte solar se encuentra, según datos del Observatorio Astronómico Nacional, a 7° 41' al oeste del norte magnético.

En este libro se presentan los cuatro modelos mencionados anteriormente como una herramienta indispensable del diseño bioclimático.

DÍAS-GRADO

Se define como *días-grado* a los requerimientos de calentamiento o enfriamiento en grados centígrados acumulados en un mes, necesarios para entrar a la *zona de confort*. Por lo tanto, los días-grado dependen de la definición de este rango.

Generalmente se utilizan dos tipos de días-grado:

Días-grado general. En este caso el rango de

confort es fijo, entre 18 y 26°C, independientemente de la localidad o el clima. Se trata de una zona amplia que se utiliza en el ámbito internacional; así, los requerimientos de calefacción o enfriamiento pueden ser utilizados como parámetros comparativos entre distintas ciudades.

Los días-grado general pueden ser expresados como:

$$DGc = n (T-18)$$

$$DGe = n (T-26)$$

donde:

n = número de días del mes

T = temperatura media del mes

DGc = días-grado de calentamiento

DGe = días-grado de enfriamiento

Días-grado local. Los días grado-local utilizan una zona de confort variable de acuerdo con la localidad y sus condiciones climáticas específicas. Es decir, se considera el *aclimatamiento de las personas al lugar*. La zona de confort utilizada en ese caso es determinada con base en la fórmula propuesta por S. Szokolay:

$$DGc = n [(T - (Tn - 2.5))$$

$$DGe = n [(T - (Tn + 2.5))$$

donde:

n = número de días del mes

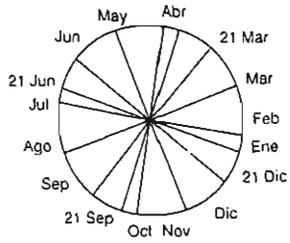
T = temperatura media del mes

Tn = temperatura neutra

DGc = días-grado de calentamiento

DGe = días-grado de enfriamiento

Soluciones alternativas para la preservación



Gráfica solar ortogonal 19° 24'

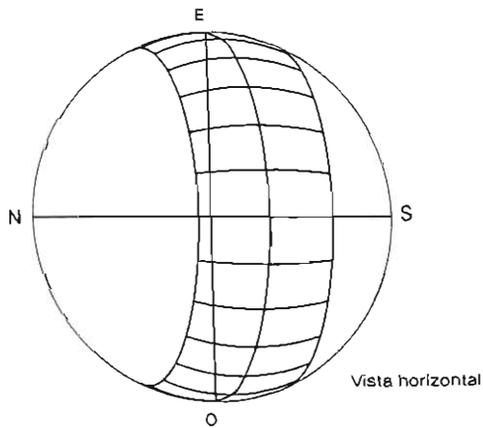
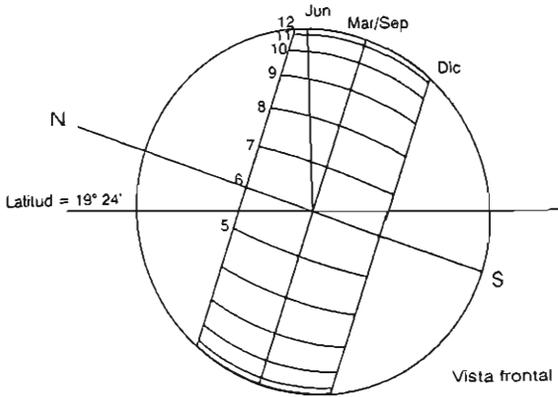
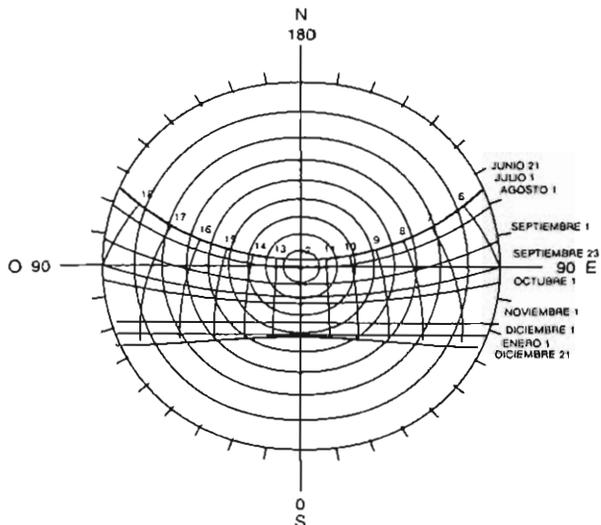
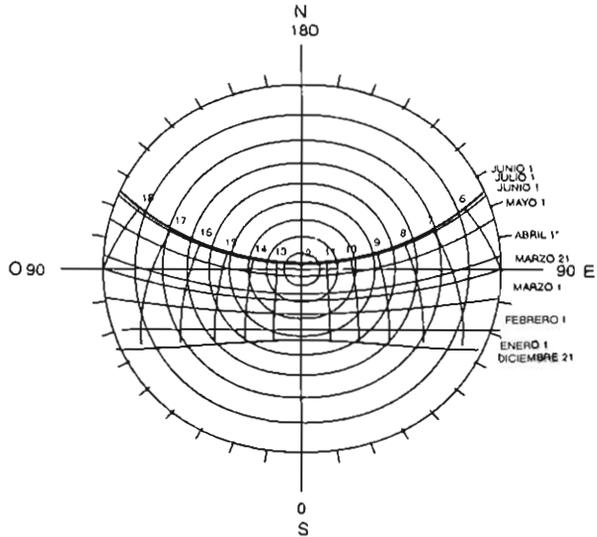


Figura V.2. Gráfica solar ortogonal para la latitud 19°24'

GRÁFICA SOLAR

PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA

19°
LATITUD



GRÁFICA SOLAR

PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA

19°
LATITUD

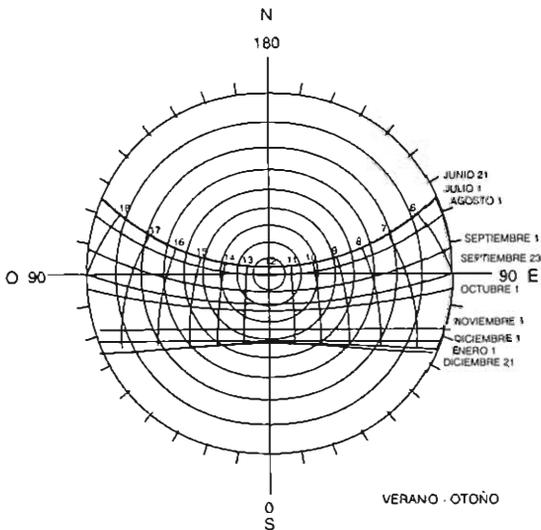
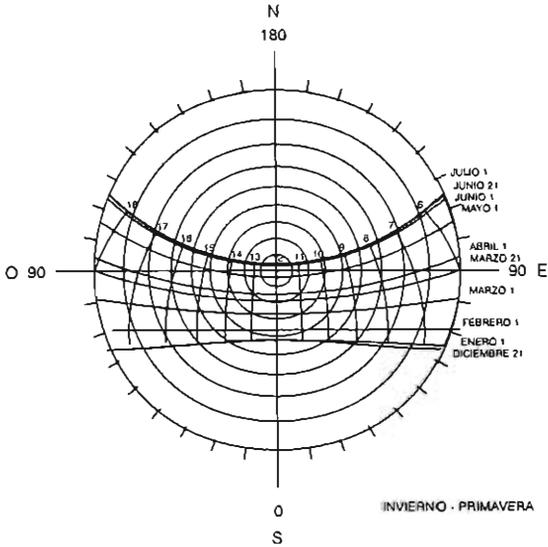


Figura V.4. Gráfica solar estereográfica con zonas de temperaturas horarias

CUADRO V.7. Ángulos solares para el 21 de marzo para la latitud 19°24'

TACUBAYA, D.F.	
Latitud:	19° 24' 00"
Longitud:	99° 12' 00"
Merid. de ref.:	90° 00' 00"
Altitud:	2 308 msnm

Fecha	21 de marzo
Día	81
Declinación	0° 00' 00"
Duración del día	12° 00' 00"

Radiación solar (W/m ²)	797
Corrección por longitud	-36' 48"
Ecuaación del tiempo	-7' 16"
Δt	44' 04"

HORA SOLAR	HORA OFICIAL	ALTURA	AZIMUT	
				SE
6	6: 44' 04"	0° 00' 00"	90° 00' 00"	SE
7	7: 44' 04"	14° 07' 48"	84° 54' 50"	SE
8	8: 44' 04"	28° 08' 20"	79° 08' 38"	SE
9	9: 44' 04"	41° 49' 58"	71° 37' 32"	SE
10	10: 44' 04"	54° 46' 16"	60° 05' 14"	SE
11	11: 44' 04"	65° 39' 20"	38° 53' 33"	SE
12	12: 44' 04"	70° 35' 60"	0° 00' 00"	S
13	13: 44' 04"	65° 39' 20"	-38° 53' 33"	SO
14	14: 44' 04"	54° 46' 16"	-60° 05' 14"	SO
15	15: 44' 04"	41° 49' 58"	-71° 37' 32"	SO
16	16: 44' 04"	28° 08' 20"	-79° 08' 38"	SO
17	17: 44' 04"	14° 07' 48"	-84° 54' 50"	SO
18	18: 44' 04"	0° 00' 00"	-90° 00' 00"	SO

HORA SOLAR	HORA OFICIAL	ALTURA	AZIMUT	
5:15' 56"	6			
6:15' 56"	7	3° 45' 25"	88° 40' 30"	SE
7:15' 56"	8	17° 52' 05"	83° 28' 53"	SE
8:15' 56"	9	31° 49' 03"	77° 22' 46"	SE
9:15' 56"	10	45° 22' 18"	69° 05' 56"	SE
10:15' 56"	11	57° 57' 22"	55° 45' 49"	SE
11:15' 56"	12	67° 47' 44"	30° 22' 30"	SE
12:15' 56"	13	70° 12' 39"	-11° 50' 24"	SO
13:15' 56"	14	63° 06' 58"	-46° 00' 12"	SO
14:15' 56"	15	51° 27' 18"	-63° 46' 04"	SO
15:15' 56"	16	38° 14' 40"	-73° 53' 07"	SO
16:15' 56"	17	24° 26' 21"	-80° 47' 28"	SO
17:15' 56"	18	10° 23' 02"	-86° 18' 00"	SO

* FUENTE: Anuario del Observatorio Astronómico Nacional, 1995.

CUADRO V.8. Ángulos solares para el 21 de junio para la latitud 19°24'

TACUBAYA, D.F.	
Latitud:	19° 24' 00"
Longitud:	99° 12' 00"
Merid. de ref.:	90° 00' 00"
Altitud:	2 308 msnm

Fecha	21 de junio
Día	172
Declinación	23° 27' 00"
Duración del día	13° 10' 18"

Radiación solar (W/m ²)	632
Corrección por longitud	-36° 48"
Ecuación del tiempo*	-1° 42"
Δt	38° 30"

HORA SOLAR	HORA OFICIAL	ALTURA	AZIMUT	
5:24' 51"	6:03' 21"	0° 00' 00"	114° 57' 29"	SE
6	6:38' 30"	7° 35' 45"	112° 15' 11"	SE
7	7:38' 30"	20° 51' 49"	108° 29' 94"	SE
8	8:38' 30"	34° 23' 29"	105° 40' 67"	SE
9	9:38' 30"	48° 04' 41"	103° 50' 71"	SE
10	10:38' 30"	61° 49' 57"	103° 39' 40"	SE
11	11:38' 30"	75° 28' 13"	108° 50' 31"	SE
12	12:38' 30"	85° 56' 60"	180° 00' 00"	N
13	13:38' 30"	75° 28' 13"	-108° 50' 31"	SO
14	14:38' 30"	61° 49' 57"	-103° 39' 40"	SO
15	15:38' 30"	48° 04' 41"	-103° 50' 71"	SO
16	16:38' 30"	34° 23' 29"	-105° 40' 67"	SO
17	17:38' 30"	20° 51' 49"	-108° 29' 94"	SO
18	18:38' 30"	7° 35' 45"	-112° 15' 11"	SO
18:35' 09"	19:13' 39"	0° 00' 00"	-114° 57' 29"	SO

HORA SOLAR	HORA OFICIAL	ALTURA	AZIMUT	
5:21' 30"	6			
6:21' 30"	7	12° 18' 44"	110° 47' 51"	SE
7:21' 30"	8	25° 41' 13"	107° 23' 09"	SE
8:21' 30"	9	39° 16' 55"	104° 53' 58"	SE
9:21' 30"	10	53° 00' 16"	103° 30' 98"	SE
10:21' 30"	11	66° 45' 08"	104° 25' 62"	SE
11:21' 30"	12	80° 10' 16"	116° 01' 87"	SE
12:21' 30"	13	83° 33' 51"	-129° 56' 64"	SO
13:21' 30"	14	70° 37' 27"	-105° 41' 11"	SO
14:21' 30"	15	56° 54' 11"	-103° 26' 19"	SO
15:21' 30"	16	43° 09' 39"	-104° 22' 09"	SO
16:21' 30"	17	29° 31' 16"	-106° 35' 10"	SO
17:21' 30"	18	16° 04' 23"	-109° 43' 85"	SO
18:21' 30"	19	2° 55' 50"	-113° 51' 32"	SO

* FUENTE: Anuario del Observatorio Astronómico Nacional, 1995.

CUADRO V.9. *Ángulos solares para el 23 de septiembre para la latitud 19°24'*

MIXCOAC, D.F.	
Latitud:	19° 24'00"
Longitud:	99° 12'00"
Merid. de ref.:	90° 00'00"
Altitud:	2 308 msnm

Fecha	23 de septiembre	Radiación solar (W/m2)	637
Día	266	Corrección por longitud	-36' 48"
Declinación	0° 00'00"	Ecuación del tiempo*	-7'35"
Duración del día	12° 00'00"	Δt	29' 13"

HORA SOLAR	HORA OFICIAL	ALTURA	AZIMUT	
6	6:29' 13"	0° 00' 00"	90° 00' 00"	SE
7	7:29' 13"	14° 07' 48"	84° 54' 50"	SE
8	8:29' 13"	28° 08' 20"	79° 08' 38"	SE
9	9:29' 13"	41° 49' 58"	71° 37' 32"	SE
10	10:29' 13"	54° 46' 16"	60° 05' 14"	SE
11	11:29' 13"	65° 39' 20"	38° 53' 33"	SE
12	12:29' 13"	70° 35' 60"	0° 00' 00"	S
13	13:29' 13"	65° 39' 20"	-38° 53' 33"	SO
14	14:29' 13"	54° 46' 16"	-60° 05' 14"	SO
15	15:29' 13"	41° 49' 58"	-71° 37' 32"	SO
16	16:29' 13"	28° 08' 20"	-79° 08' 38"	SO
17	17:29' 13"	14° 07' 48"	-84° 54' 50"	SO
18	18:29' 13"	0° 00' 00"	-90° 00' 00"	SO

HORA SOLAR	HORA OFICIAL	ALTURA	AZIMUT	
5:30' 47"	6			
6:30' 47"	7	7° 15' 23"	87° 25' 48"	SE
7:30' 47"	8	21° 20' 31"	82° 05' 28"	SE
8:30' 47"	9	35° 13' 21"	75° 36' 14"	SE
9:30' 47"	10	48° 36' 49"	66° 26' 41"	SE
10:30' 47"	11	60° 46' 06"	51° 00' 07"	SE
11:30' 47"	12	69° 19' 13"	21° 06' 04"	SE
12:30' 47"	13	69° 11' 03"	-22° 08' 16"	SO
13:30' 47"	14	60° 28' 49"	-51° 32' 34"	SO
14:30' 47"	15	48° 16' 28"	-66° 44' 26"	SO
15:30' 47"	16	34° 51' 52"	-75° 47' 53"	SO
16:30' 47"	17	20° 58' 33"	-82° 14' 27"	SO
17:30' 47"	18	6° 53' 15"	-87° 33' 43"	SO

*FUENTE: Anuario del Observatorio Astronómico Nacional, 1995.

CUADRO V.10. Ángulos solares para el 21 de diciembre para la latitud 19°24'

TACUBAYA, D.F.	
Latitud:	19° 24' 00"
Longitud:	99° 12' 00"
Mend. de ref.:	90° 00' 00"
Altitud:	2 308 msnm

Fecha	21 de diciembre
Día	355
Declinación	23° 27' 00"
Duración del día	10° 49' 42"

Radiación solar (W/m ²)	571
Corrección por longitud	-36' 48"
Ecuación del tiempo*	1' 59"
Δt	34' 49"

HORA SOLAR	HORA OFICIAL	ALTURA	AZIMUT	
6:35' 09"	7:09' 58"	0° 00' 00"	65° 02' 43"	SE
6				
7	7:34' 49"	5° 15' 57"	62° 51' 40"	SE
8	8:34' 49"	17° 29' 10"	56° 24' 26"	SE
9	9:34' 49"	28° 39' 55"	47° 40' 24"	SE
10	10:34' 49"	38° 06' 45"	35° 39' 42"	SE
11	11:34' 49"	44° 43' 15"	19° 31' 19"	SE
12	12:34' 49"	47° 09' 00"	0° 00' 00"	S
13	13:34' 49"	44° 43' 15"	-19° 31' 19"	SO
14	14:34' 49"	38° 06' 45"	-35° 39' 42"	SO
15	15:34' 49"	28° 39' 55"	-47° 40' 24"	SO
16	16:34' 49"	17° 29' 10"	-56° 24' 26"	SO
17	17:34' 49"	5° 15' 57"	-62° 51' 40"	SO
18				
17:24' 51"	17:59' 40"	0° 00' 00"	-65° 02' 43"	SO

HORA SOLAR	HORA OFICIAL	ALTURA	AZIMUT	
6:25' 11"	7			
7:25' 11"	8	10° 29' 29"	60° 22' 38"	SE
8:25' 11"	9	22° 20' 12"	53° 04' 17"	SE
9:25' 11"	10	32° 53' 42"	43° 05' 37"	SE
10:25' 11"	11	41° 18' 36"	29° 24' 22"	SE
11:25' 11"	12	46° 19' 01"	11° 35' 46"	SE
12:25' 11"	13	46° 42' 44"	-8° 26' 14"	SO
13:25' 11"	14	42° 22' 50"	-26° 48' 41"	SO
14:25' 11"	15	34° 25' 08"	-41° 10' 18"	SO
15:25' 11"	16	24° 08' 09"	-51° 40' 33"	SO
16:25' 11"	17	12° 27' 21"	-59° 20' 44"	SO
17:25' 11"	18			

*FUENTE: Anuario del Observatorio Astronómico Nacional, 1995.

DIAGRAMAS BIOCLIMÁTICOS

Carta bioclimática

En 1953 los hermanos Olgay presentaron un diagrama relacionando la temperatura y la humedad, llamado *carta bioclimática*, que sirve para mostrar los requerimientos de confort de una persona (sedentaria); en ella también se mencionan ciertas estrategias básicas para conseguir el confort higrotérmico. En 1984 Szokolay propuso unos cambios a la carta bioclimática de Olgay, que modifican ligeramente la zona de confort y hacen que se ajuste a la temperatura neutra de cualquier localidad; además se incluyen escalas para varios grados metabólicos en función de la actividad que se desarrolle.

En la figura V.5. se muestran cuatro zonas importantes:

Zona de confort. Esta zona define el rango de confort higrotérmico. El parámetro de temperatura se ajusta a la temperatura neutra de la localidad, mientras que la humedad se mantiene constante.

Zona de bajo calentamiento. En esta zona se definen los valores de radiación o temperatura necesarios para compensar las bajas temperaturas y con ello *retornar a* condiciones adecuadas de confort.

Zona de sobrecalefacción. En esta zona se muestran los valores de ventilación necesarios para compensar las altas temperaturas y con ello obtener *o retornar a* condiciones adecuadas de confort.

Zona de sobrecalefacción con baja humedad. En esta zona se muestran los valores de humedad absoluta que es necesario incorporar al aire para restablecer las condiciones adecuadas de confort. Para el caso de la ciudad de México se graficaron los valores de temperatura y humedad. Cada línea representa el recorrido o comportamiento higrotérmico de un día promedio de cada mes, por lo tanto se presentan 12 líneas, correspondientes a cada uno de los meses del año.

Se encontraron los siguientes casos: 24.9% del tiempo se encuentra dentro de la zona de confort; 74.5% del tiempo se localiza por debajo del confort, es decir, en la zona de *bajo calentamiento*. Los

requerimientos de calor radiante para obtener condiciones confortables en estos casos fluctúan entre 210 y 490 W/m².

Tan sólo 0.6% se encuentra en la zona de *sobrecalefacción*, con requerimientos de ventilación por debajo de 0.25 m/seg y con una inclusión de humedad de menos de 1 gramo de agua por kilogramo de aire.

Mediante este diagrama se puede apreciar que la principal estrategia de climatización es el *calefacción*.

Diagrama psicrométrico

A mediados de los setenta, Givoni presentó significativas aportaciones, al determinar dentro de un diagrama psicrométrico los límites de efectividad de diferentes *estrategias de diseño bioclimático* enfocadas a conseguir el *confort higrotérmico* en las edificaciones.

Los límites para las diferentes estrategias forman zonas o rangos que indican hasta dónde el diseño adecuado de las edificaciones (*diseño bioclimático*) puede responder favorablemente ante determinadas condiciones de temperatura y humedad, y así propiciar condiciones ambientales confortables para los ocupantes. Por esta razón a este diagrama se le llamó *Carta para las Edificaciones*.

Las zonas básicas originales que muestra el diagrama de la figura V.6 son:

- Zona de calentamiento
- Zona de confort
- Zona de ventilación natural
- Zona de masa térmica
- Zona de enfriamiento evaporativo
- Zona de acondicionamiento artificial

Estas zonas relacionadas con los mecanismos de transferencia de calor pueden ser descritas de la siguiente manera (Dw, 1983):

Zona de calentamiento. En esta zona las estrategias aplicables son: promover el calentamiento solar pasivo y conservar el calor interno, para así reducir el flujo conductivo de calor y evitar las

pérdidas de calor debidas a fugas o infiltraciones de aire.

Estas estrategias deben utilizarse para cualquier rango de humedad y cuando la temperatura esté por debajo de los 20°C. Debajo de 10°C los sistemas de calentamiento pasivo pierden efectividad, por lo que deberán complementarse con sistemas activos o de calentamiento convencional, o híbridos.

Zona de confort. El control de las ganancias solares es la estrategia aplicable a esta zona (sombreado), pues de no controlarse, el espacio interior puede sobrecalentarse. De hecho, para cualquier zona arriba de los 20°C de T_{BS}, debe evitarse la ganancia de calor solar directo.

Esta zona está definida originalmente entre 20°C de T_{BS} y 25.5°C de T_E con una presión de valor superior a 5 mm Hg y una humedad relativa inferior a 80 por ciento.

Zona de ventilación natural. La efectividad de la ventilación considera varios factores. Primero, que la temperatura del aire y la presión de vapor son iguales en el exterior y el interior; también se asume que la *temperatura radiante media* interior y la temperatura del aire son iguales o muy similares y que el límite de la velocidad del aire es de 1.5 m/seg. Esta zona está limitada entre 20°C y 32°C de T_{BS}, con una humedad relativa entre 20 y 100%, una presión de vapor superior a los 5 mm Hg y una densidad del aire límite de 1.1277 kg/m³.

Esta zona de ventilación incluye a la zona de confort, puesto que esta estrategia deberá utilizarse para controlar posibles sobrecalentamientos ocasionales.

Zona de masa térmica. Los límites propuestos para el control de la temperatura a través de la masa asumen que la envoltura exterior es lo suficientemente masiva para amortiguar las oscilaciones diarias de temperatura y que la construcción está cerrada durante el día, con el fin de evitar la entrada de aire caliente. Con la segunda suposición se limita la presión de vapor a 17.0 mm Hg, ya que este valor es la humedad máxima permisible en la cual una persona se siente confortable en ausencia de movimiento de aire. El límite inferior de la zona es de 5 mm Hg, mientras que el límite superior de temperatura se da cuan-

do la densidad del aire es de 1.1325 kg/m³. El límite inferior es de 20°C.

Zona de enfriamiento evaporativo. El proceso de enfriamiento evaporativo consiste en incrementar el contenido de agua del aire a través de la vaporización. En el *cambio de fase del agua líquida* en vapor se absorbe calor sensible del aire (600 cal/g) y se transforma en *latente*. Por lo tanto, la entalpía del sistema se mantiene constante; en otras palabras, la *energía total* (la suma de calor latente y sensible) no se altera. De esta forma, la temperatura de bulbo húmedo también permanece constante, por lo que uno de los límites de esta estrategia es la máxima temperatura de bulbo húmedo aceptable en lo que respecta al confort, que es de 22°C. Los límites de T_{BS} van desde 20°C hasta 40°C T_{BS}, con una presión de vapor comprendida entre 5 y 17 mm Hg.

Zona de acondicionamiento artificial. Esta zona está comprendida en todas las áreas de la carta psicrométrica que se encuentran fuera de las zonas de estrategias definidas anteriormente.

Las zonas descritas presentan algunas ligeras variantes, dependiendo de los autores.

En el caso de la ciudad de México el comportamiento higrotérmico se da de la siguiente manera. Tan sólo 0.6% se encuentra en la zona de ventilación por arriba de la zona de confort; 24.9% se encuentra dentro de la zona de confort y 74.5% se encuentra dentro de la zona de calentamiento.

Los datos obtenidos en el *diagrama bioclimático* y el *diagrama psicrométrico* coinciden en que la principal estrategia para la ciudad de México es el *calentamiento solar pasivo*, el *control solar* y el *uso de la ventilación* en las pocas ocasiones donde se presenta sobrecalentamiento.

El calentamiento se puede satisfacer a través de radiación (solar) entre 280 y 490 W/m². La ventilación máxima se satisface con una velocidad de 0.35 m/seg.

Diagrama de arropamiento. Además de las estrategias bioclimáticas arquitectónicas se pueden incluir otros mecanismos de acondicionamiento térmico, uno de ellos es el arropamiento.

Junto con el diagrama psicrométrico se muestran zonas con distintos grados de arropamiento. En la figura V.8 se muestra que para la ciudad de

México los requerimientos de calentamiento se pueden cubrir con un arropamiento de 2.4 clo. En condiciones de confort el arropamiento puede ser tan sólo de 0.9 o 0.6 clo.

Esto significa que los requerimientos de calentamiento nocturno pueden satisfacerse con arropamiento.

Diagrama de metabolismo. La actividad metabólica, es decir, el trabajo realizado por el cuerpo, es otra variable importante del confort. Según el diagrama psicrométrico de grado metabólico las condiciones de confort se obtienen con una actividad entre 1 y 3 met.

ESTRATEGIAS DE CONTROL BIOCLIMÁTICO

Estrategias generales

Ya que la principal estrategia de climatización es el calentamiento, es importante considerar que el calentamiento solar puede darse de tres formas:

Calentamiento directo

Es decir, cuando los rayos solares penetran directamente al espacio arquitectónico a través de cualquier tipo de acristalamiento. En este caso el calentamiento es prácticamente instantáneo ya que la radiación solar cambia de forma de energía (radiante-térmica) dentro de la habitación.

Calentamiento indirecto

Cuando los rayos solares inciden sobre cualquier elemento arquitectónico opaco (muros, losas, etc.), una parte de la energía es absorbida y otra reflejada, dependiendo de las características de absorción y reflectancia de las superficies. El calor ganado se conduce a través del material y es *emitido o reradiado* hacia el interior. Este tipo de ganancia es diferida en el tiempo, en un proceso de estado *transiente* o *transitorio* dependiendo de las características termofísicas (inercia térmica) de los materiales constructivos.

Calentamiento aislado

Se presenta cuando se cuenta con algún dispositivo de captación solar aislado de la construcción y el calor generado se conduce a través de ductos en algún fluido (aire, agua, aceite, etc.) hacia los espacios interiores. Generalmente estos dispositivos cuentan con sistemas de almacenamiento térmico que permiten aprovechar el calor ganado, tiempo después de la captación (ganancia diferida).

Específicamente en la ciudad de México se identifican las siguientes características:

La mayor parte del invierno presenta condiciones de *bajo calentamiento*, por lo tanto, es de vital importancia propiciar el calentamiento solar directo, es decir, el *asoleamiento*, principalmente en las orientaciones sur, sureste y suroeste. Cabe señalar que los meses con temperaturas más bajas son enero y diciembre, siendo las temperaturas mínimas promedio de 5.8 y 6.6°C respectivamente. Del diagrama bioclimático se infiere que con una radiación total promedio (sobre una superficie horizontal) que va de 280 a 480 W/m², se podrían compensar las bajas temperaturas que se registran y en consecuencia sería factible retornar a condiciones óptimas de confort para los usuarios en sus edificaciones.

La radiación solar total más baja es de 571 W/m², y se presenta en diciembre; pero la radiación directa es de tan sólo 396 W/m². La máxima radiación está disponible durante el día mientras que los requerimientos máximos de calentamiento se dan durante la noche. Por lo tanto, es necesaria la utilización de *masa térmica* para favorecer el retardo térmico a través de los materiales constructivos (*inercia térmica*) para aprovechar así sus propiedades termofísicas y satisfacer el requerimiento de calentamiento en forma indirecta. En estos periodos y durante la noche es necesario recurrir a un mayor arropamiento.

Por otra parte, en la ciudad de México, y debido a la urbanización existente, los vientos cambian de dirección y velocidad constantemente, lo cual dificulta su manejo adecuado dentro de las edificaciones. En invierno los vientos fríos provenientes del norte y noroeste deben ser controlados con ele-

mentos arquitectónicos o con vegetación, ya sea caducifolia o perennifolia, de acuerdo con la orientación y el espacio correspondientes.

Aun cuando según el análisis bioclimático no existe un superávit acumulado de *días-grado* para enfriamiento, durante las condiciones extremas máximas de temperaturas (periodo de sobrecalentamiento), que se presentan principalmente durante la primavera y parte del verano, es conveniente propiciar la ventilación natural cruzada. En caso de existir insuficiente flujo de aire éste deberá propiciarse mediante *diferencias de presión térmica o gradientes térmicos por diferencia de calentamiento en la envolvente o piel constructiva de la edificación*, o bien por estratificación térmica en espacios inferiores y superiores, con dispositivos apropiados de control del flujo eólico. Durante este periodo de sobrecalentamiento es de vital importancia controlar el sistema natural de energía más importante, *el Sol*, que en el caso de la ciudad de México impacta con mayor intensidad y durante más tiempo las superficies horizontales (techumbres) y, en menor medida, las fachadas orientadas al oeste y este. Por lo tanto es necesario evitar el sobrecalentamiento excesivo en dichos elementos.

Los meses más húmedos del año (julio, agosto

y septiembre), con más de 140 mm de lluvia promedio mensual, se caracterizan por las bajas temperaturas, fuera de las condiciones óptimas de confort para los usuarios, debido al enfriamiento evaporativo del aire bajo la radiación difusa predominante durante dicho periodo.

En resumen, la ciudad de México presenta condiciones climáticas benignas ya que la *primavera es cálida, el verano es tibio, el otoño generalmente confortable y el invierno ligeramente frío*, y es precisamente en esta última estación cuando se llega a experimentar calor bajo exposición solar directa y fresco a la sombra. *El calentamiento*, como ya se mencionó, es el principal requerimiento bioclimático para los usuarios durante la mayor parte del año, sobre todo en invierno y parte del verano, cuando predominan valores de humedad relativa alta.

El control de la contaminación ambiental, tanto de interiores como de exteriores, es de suma importancia para los usuarios. Para llevar a cabo dicho objetivo se propone la utilización de vegetación que, de acuerdo con investigaciones previas, ha resultado altamente satisfactoria para purificar, por su metabolismo propio, el aire ambiente de los espacios interiores en beneficio de sus ocupantes.

CARTA BIOCLIMÁTICA

Tacubaya, D. F.

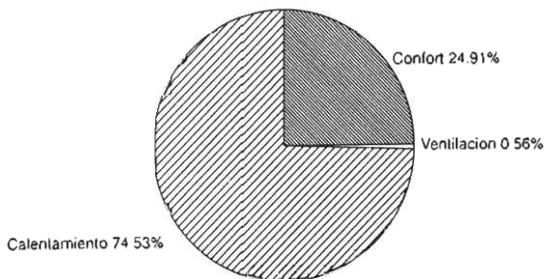
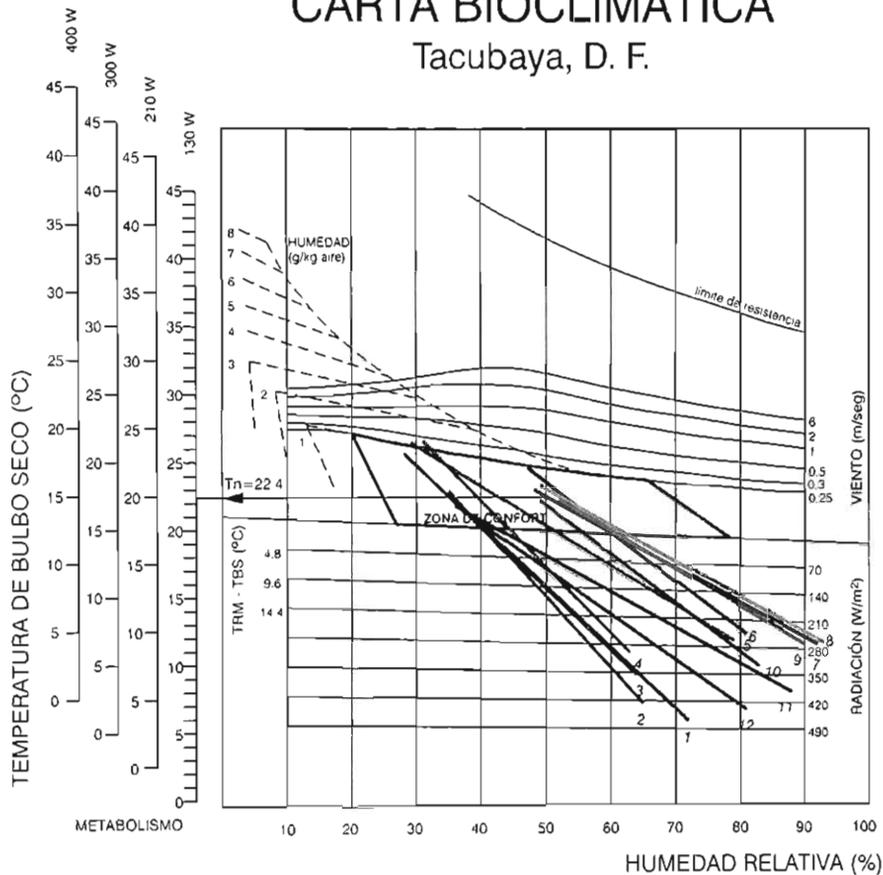


Figura V.5. Diagrama bioclimático para exteriores en el Distrito Federal

CARTA PSICROMÉTRICA

Tacubaya, ciudad de México

Presión barométrica: 774.2 (mmHg)

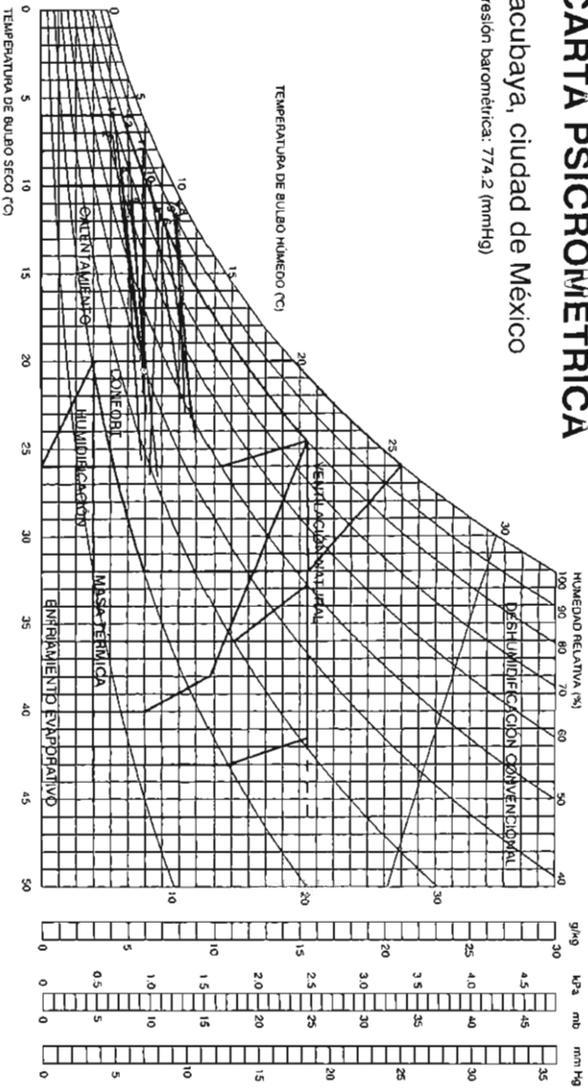


Figura V.6. Diagrama psicrométrico para el Distrito Federal

CARTA PSICROMÉTRICA

Nivel del mar

Presión barométrica: 760 mm Hg (101.325 kPa · 1013.25 mbal)

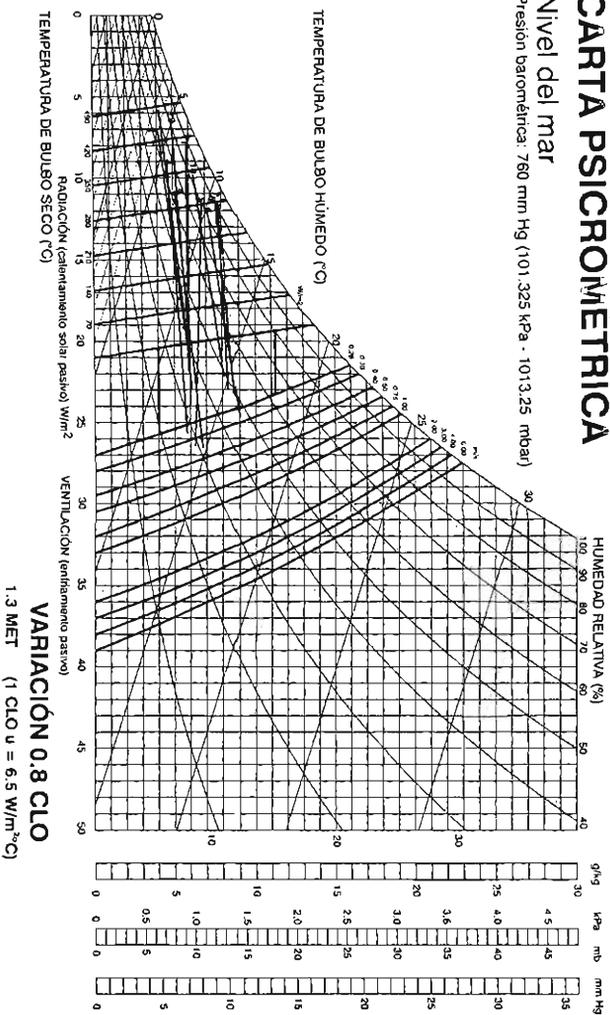


Figura V.7. Diagrama psicrométrico con valores de radiación y viento

CARTA PSICROMÉTRICA

Tacubaya, ciudad de México

Revisión barométrica: 774.2 mm Hg (103.2 kPa - 1032.18 mbar)

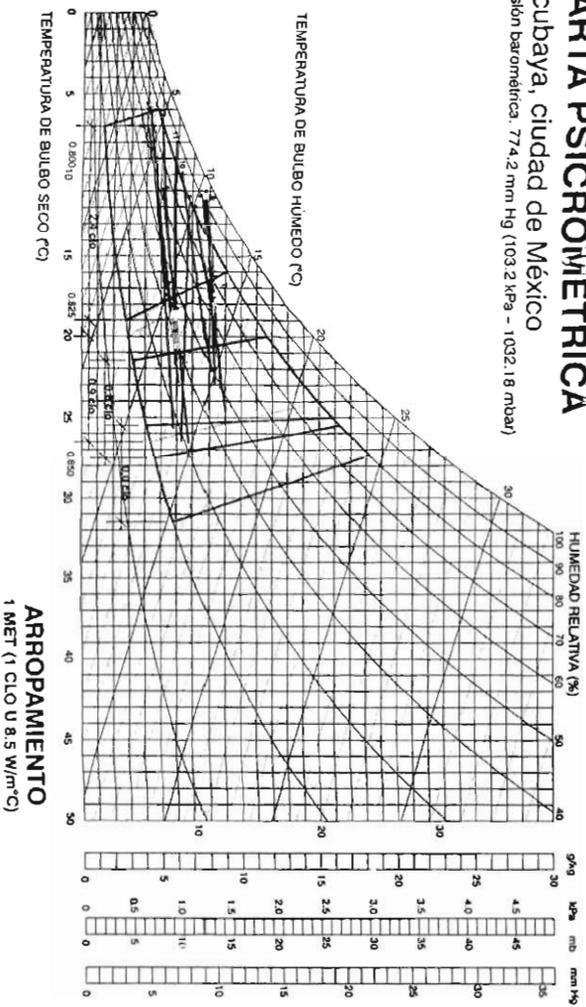


Figura V.8. Diagrama psicrométrico para arropamiento

CARTA PSICROMÉTRICA

Tacubaya, ciudad de México

Presión barométrica: 774.2 mm Hg (103.2 kPa - 1032.18 mbar)

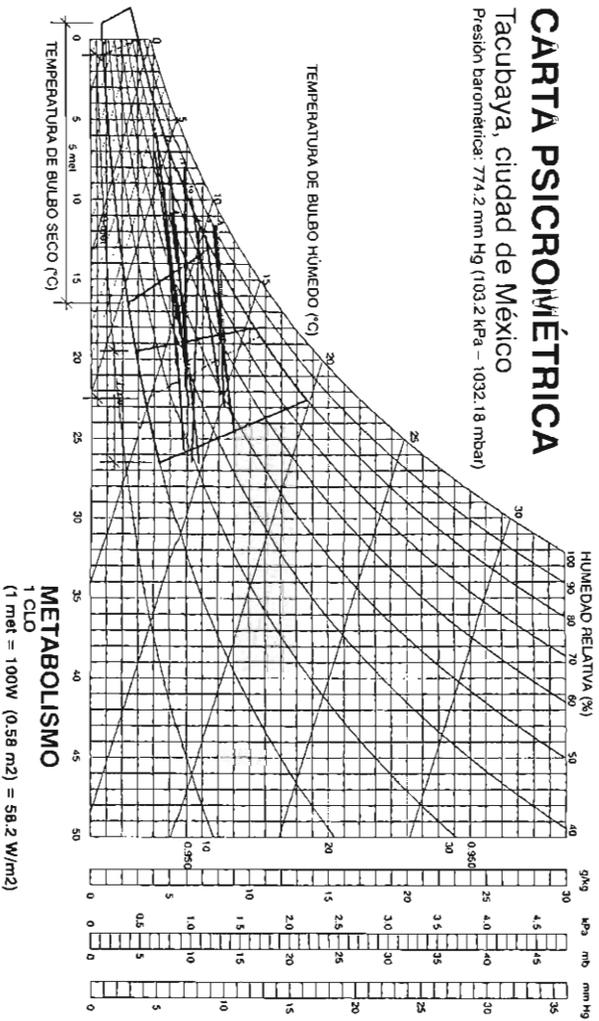


Figura V.9. Diagrama psicrométrico para metabolismo

ESTRATEGIAS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO
PARA EL SECTOR HABITACIONAL EN LA CIUDAD
DE MÉXICO

La orientación de las edificaciones deberá ser preferentemente sur-sureste, o dentro del rango sureste-suroeste, para controlar la acción del sol y admitir las ganancias necesarias durante el tiempo de bajo calentamiento, y evitar al mismo tiempo la infiltración del aire frío y la disipación de las ganancias internas generadas, pero asegurando los cambios de aire y niveles de iluminación necesarios para la realización de las diversas actividades de los usuarios en condiciones óptimas de confort ambiental.

Para propiciar el calentamiento requerido se recomienda aprovechar las propiedades termofísicas de los materiales constructivos densos con buena capacidad térmica, para amortiguar las oscilaciones de temperatura, así como reducir las aberturas al norte para evitar las pérdidas de calor y la infiltración excesiva de aire frío.

Durante la primavera, principalmente en abril y mayo, es conveniente evitar el sobrecalentamiento en la techumbre y en la fachada poniente. Se recomienda utilizar aislamiento en el primer caso y vegetación en el segundo. No se recomienda utilizar aberturas o ventanas expuestas al calor vespertino del verano al noroeste. La utilización de dispositivos de control solar —aleros y parteluces, entre otros— es altamente recomendable para la protección de las ventanas.

La ventilación natural cruzada o inducida por gradiente térmico es recomendable para evitar las ganancias de calor externas, disipar el calor generado en el interior y renovar el aire.

Los colores y texturas en las superficies de la edificación, por sus cualidades termofísicas deben ser cuidadosamente seleccionados tanto en el exterior como en el interior.

Las *estrategias de diseño bioclimático para edificaciones habitacionales* en la ciudad de México se ilustran en las figuras V.10 a la V.34.

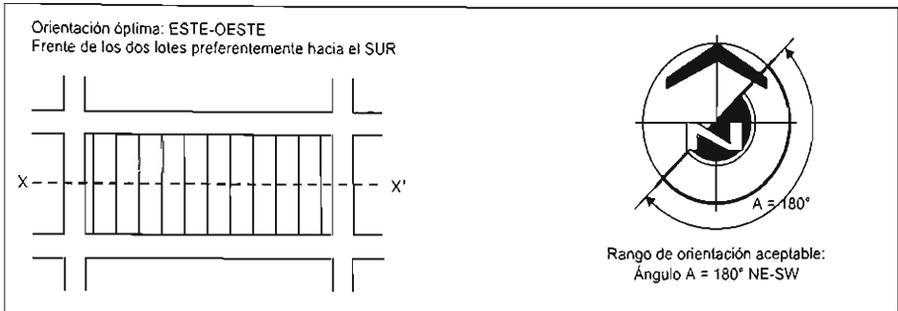


Figura V.10. Manzanas

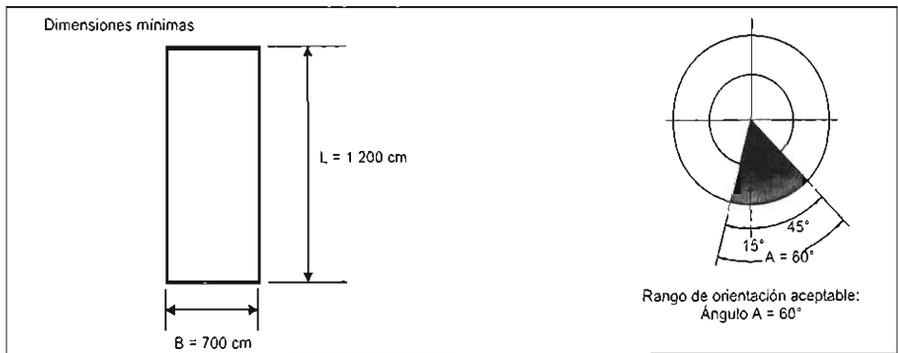


Figura V.11. Lotes

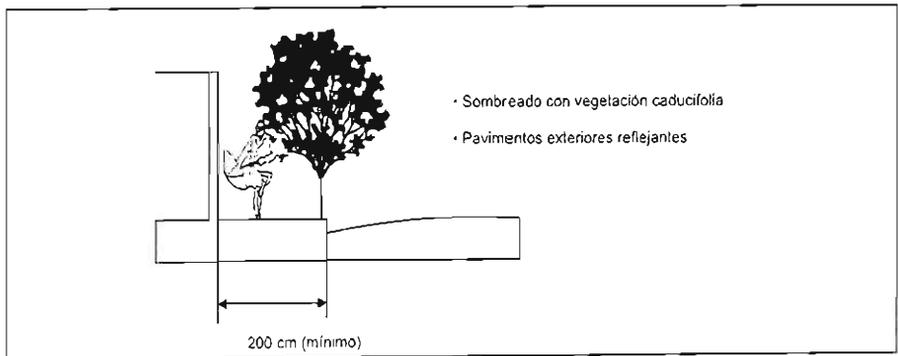


Figura V.12. Andadores y accesos peatonales

PLANEACIÓN DEL LUGAR

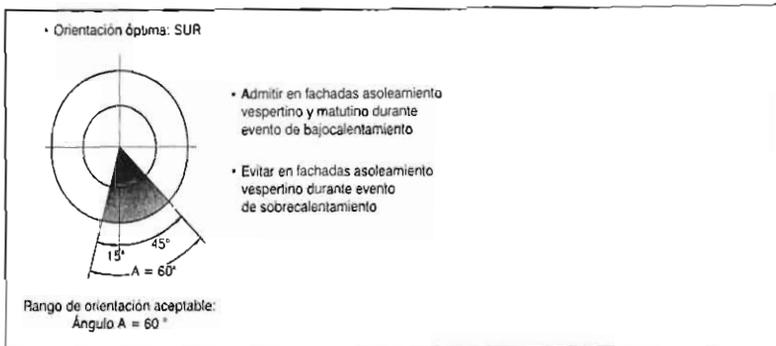


Figura V.13. Orientación óptima en vivienda multifamiliar

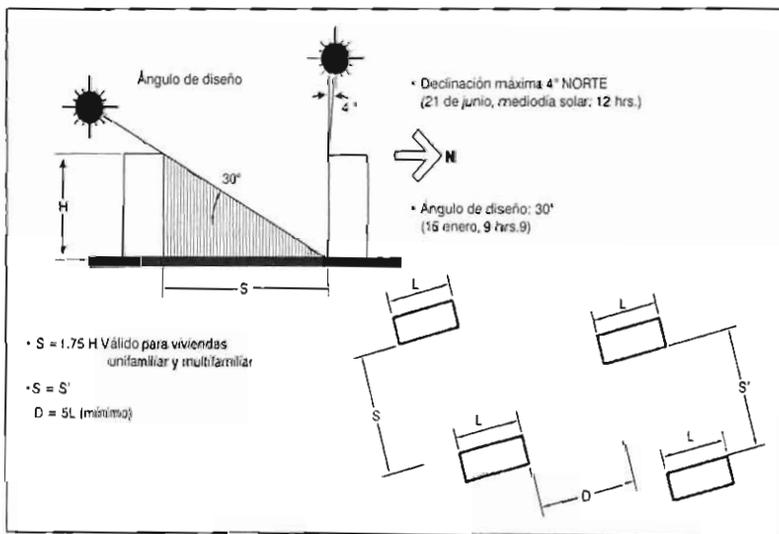


Figura V.14. Separación y altura de edificaciones

PLANEACIÓN DEL LUGAR

- Óptima: cuadrada 1:1
- Rango aceptable: 1:1 a 1:1.3
- Configuración: compacta

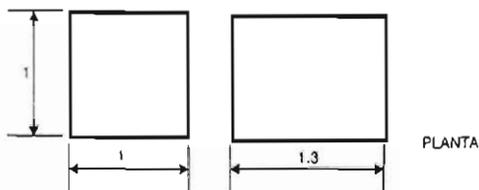
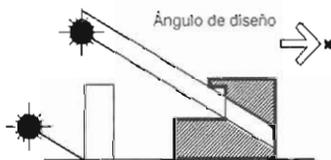
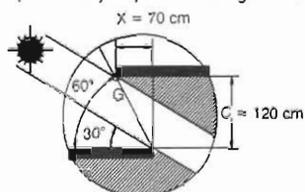


Figura V.15. Geometría óptima de vivienda unifamiliar



- En lotes con orientación opuesta a la óptima (norte, noroeste o noreste) se recomienda usar lucernarios (C) para la captación solar

- Techumbre: plana o ligeramente inclinada para desalojar rápidamente el agua de lluvia



- Ángulos de diseño: 30° y 60°
- Relación de diseño: $C = 1.7$
- Para $C = 120$ cm, alero $x = 70$ cm

Figura V.16. Lucernarios

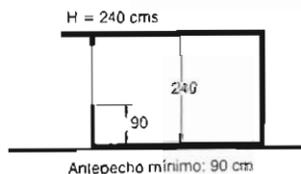
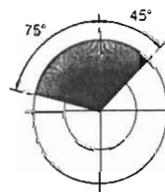


Figura V.17. Altura mínima de piso a techo

- Óptima: Norte
- Rango aceptable: $B = 120^\circ$



$$B = 75^\circ + 45^\circ = 120^\circ$$

Figura V.18. Localización de zona de servicios en la vivienda

PROYECTO DEL ESPACIO

MUROS EXTERIORES:

Deben ser de buena conductividad y capacidad térmica

Alternativas

- TABIQUE
- TABICÓN
- BLOCK

Rango aceptable: e = 14 a 38 cm

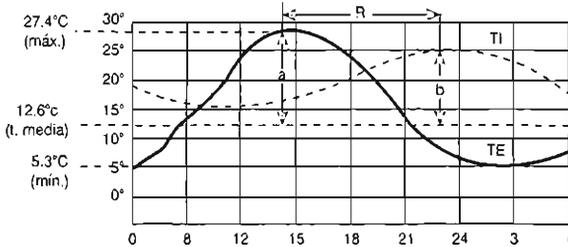
Espesor óptimo = 28 cm; (e)

Retardo térmico recomendado = 9 hrs: (R)



Color: OSCURO con reflectancia "r" = 10% - 30%
 Textura lisa y colores oscuros en orientaciones SUR de fachadas. (Véase tabla de reflectancias)

Apropiado de acuerdo con las oscilaciones térmicas exteriores y con las condiciones de confort del aire ambiente interior



Amortiguación (b/a) y retraso térmico (R) en un muro típico de tabique, e = 28 cm para la ciudad de México en el mes de enero (fecha de diseño) orientado al sur

MUROS INTERIORES: P odrán ser de:

- TABIQUE
- TABICÓN
- BLOCK
- MADERA CON ACABADO TABLARROCA

Interior liso o rugoso y colores claros: reflectancia: R > 70%

- TE Temperatura exterior
- TI Temperatura interior
- R Retardo térmico
- b/a Amortiguación térmica

Figura V.19. Masa del edificio

Entrepiso: de concreto armado de 10 cm de espesor como mínimo, con recubrimiento de loseta vitrifica o similar

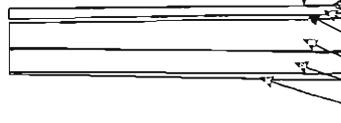
Alternativa B



- Superficie reflejante r = 80%
- Escobillado 0.25 cm
- Enladrillado 2 cm
- Impermeabilizante 0.25 cm
- Entortado 1.5 cm
- Vermiculita + tezontle (20% y 80%) 10 cm
- Concreto + bovedilla 20 cm
- Yeso 1 cm

H total = 35 cm

Alternativa A



- Superficie reflejante r = 80%
- Escobillado 0.25 cm
- Enladrillado 2 cm
- Impermeabilizante 0.25 cm
- Entortado 2 cm
- Relleno de tezontle 13.50 cm
- Concreto armado 10 cm
- Yeso 2 cm

H Total = 30 cm

Techumbre:

Alternativas A y B.

Se recomienda la alternativa B por tener mejor comportamiento térmico ya que los espacios de aire y la vermiculita incrementan significativamente la resistencia térmica y con ello se satisface el requerimiento bioclimático de evitar el sobrecalentamiento en la techumbre, y al mismo tiempo se evitan las pérdidas del calor generado internamente durante el bajocalentamiento (invierno).

La resistividad térmica de alternativa B es el doble de la de A.

Figura V.20. Losas

ENVOLVENTE DE LA EDIFICACIÓN

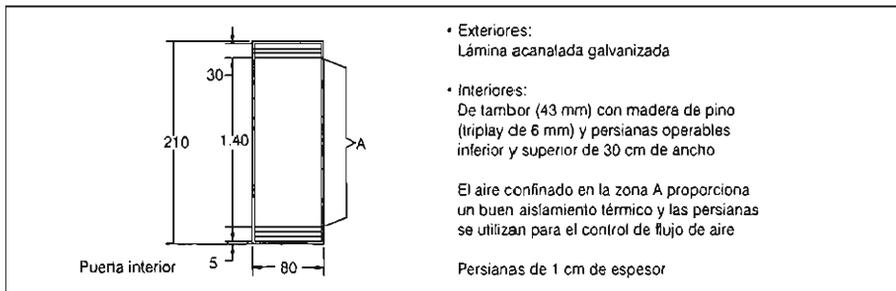


Figura V.21. Puertas. Vivienda unifamiliar y multifamiliar

- Se recomienda utilizar pisos masivos de buena capacidad térmica para reducir al máximo las pérdidas conductivas de calor
- Alternativas recomendables:

Espacio	Loseta cerámica	Vinílica	Alfombra	Cemento
Cocina	1	2		3
Sala/com.		1	3	2
Recámara		2	1	3
Baño	1	2		3
Circulac.	3	2		1

Prioridades:
1 Óptimo
2 Bueno
3 Regular

Figura V.22. Pisos

ENVOLVENTE DE LA EDIFICACIÓN

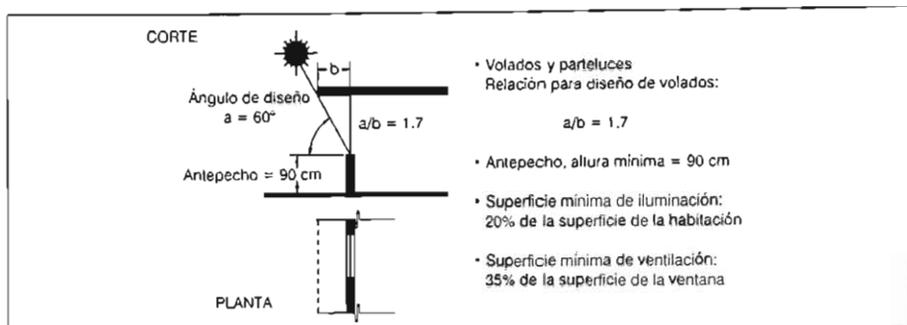


Figura V.23. Geometría solar. Control solar

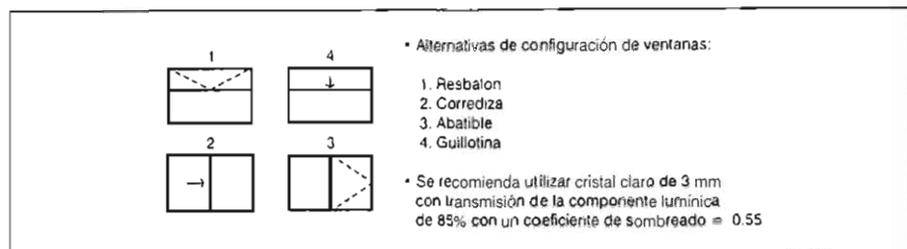


Figura V.24. Tipos de ventanas

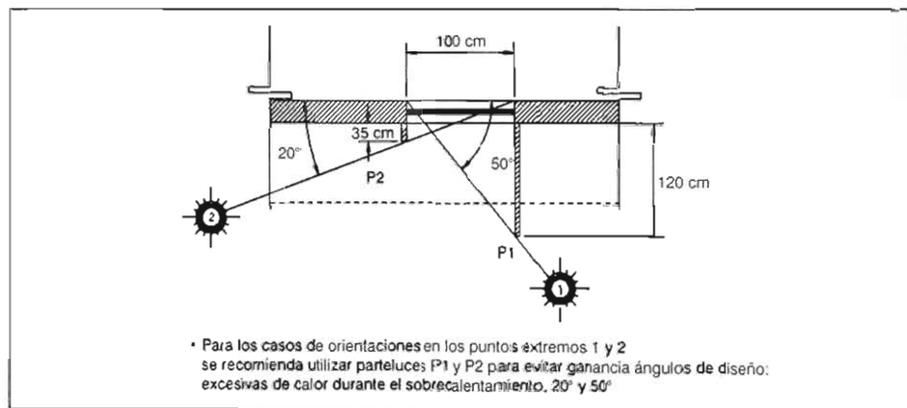


Figura V.25. Parteluces

ABERTURAS

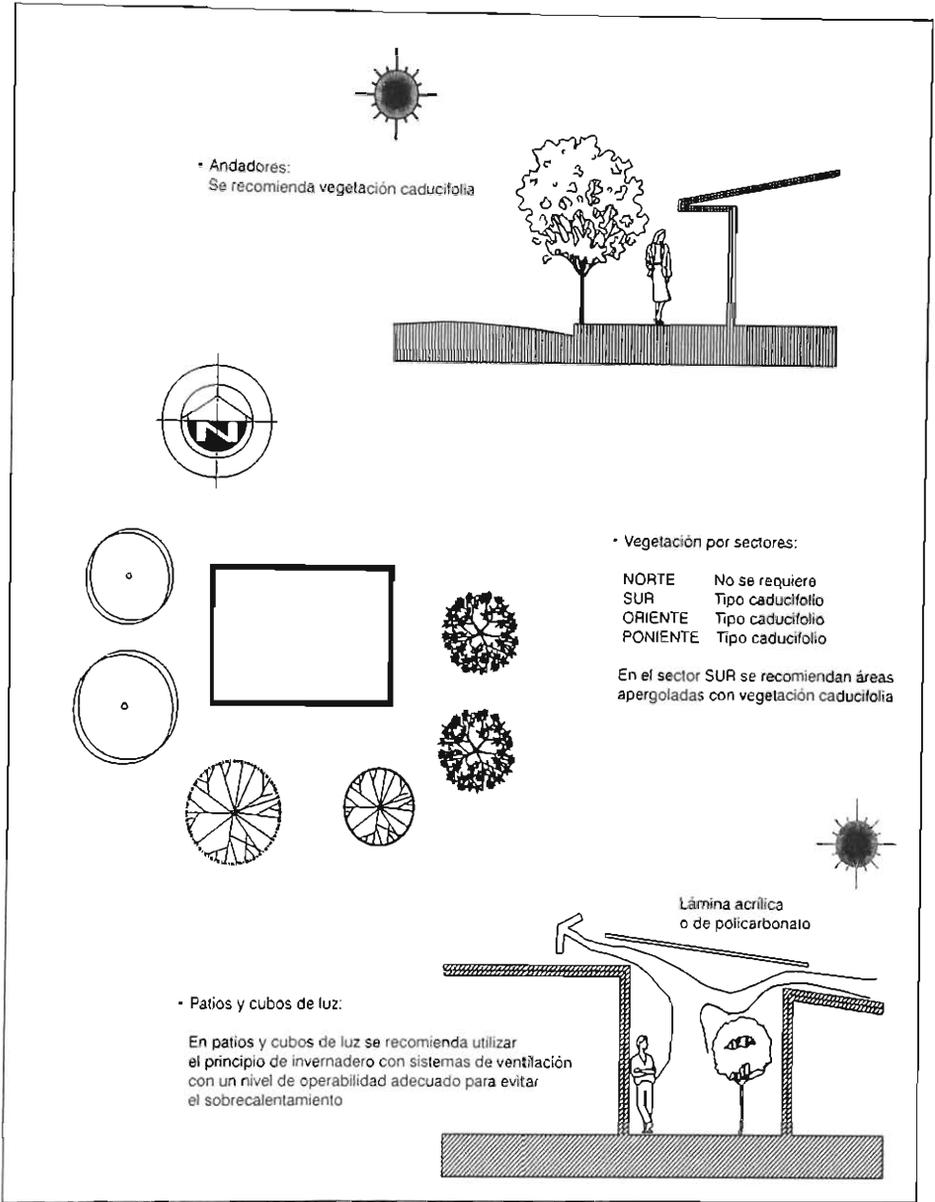


Figura V.26 Control solar con vegetación

ABERTURAS

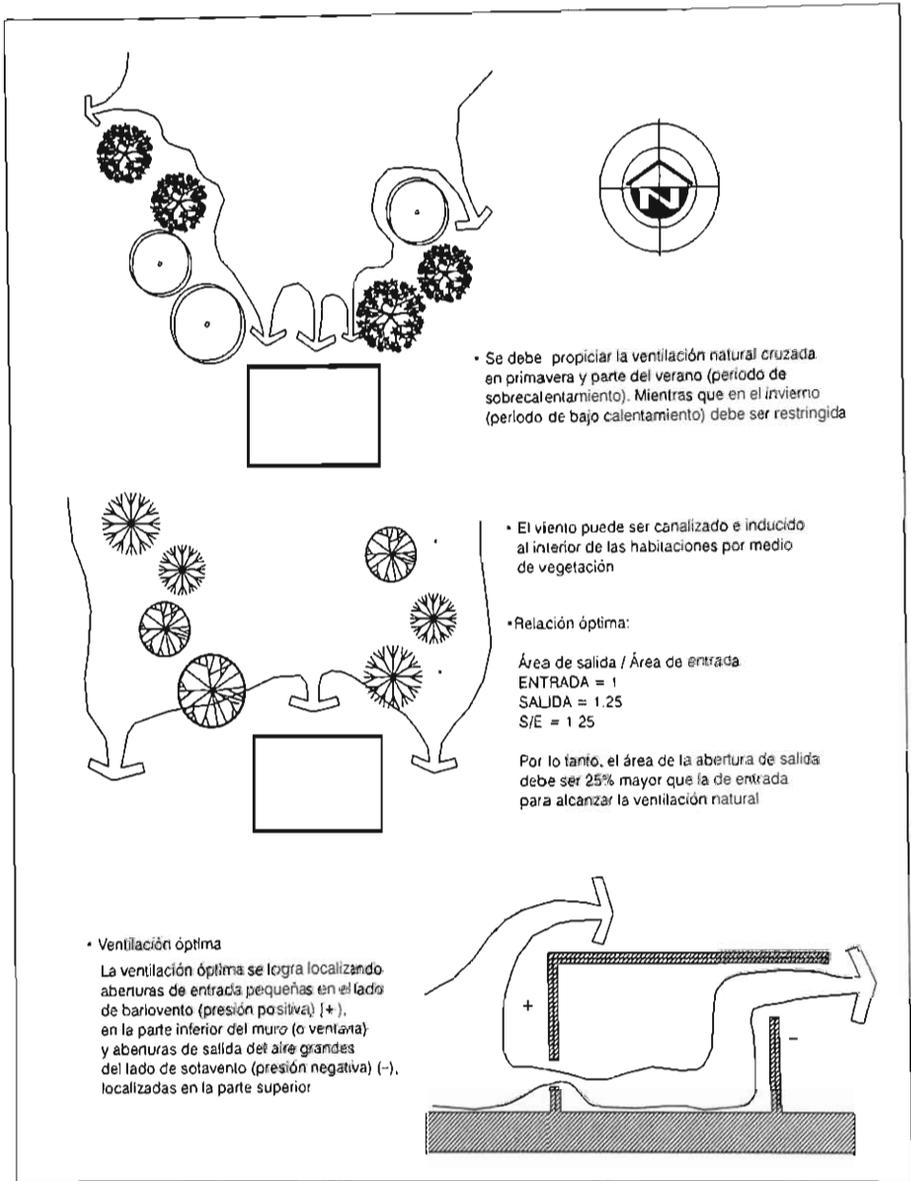


Figura V.27. Uso de ventilación y vegetación

ABERTURAS

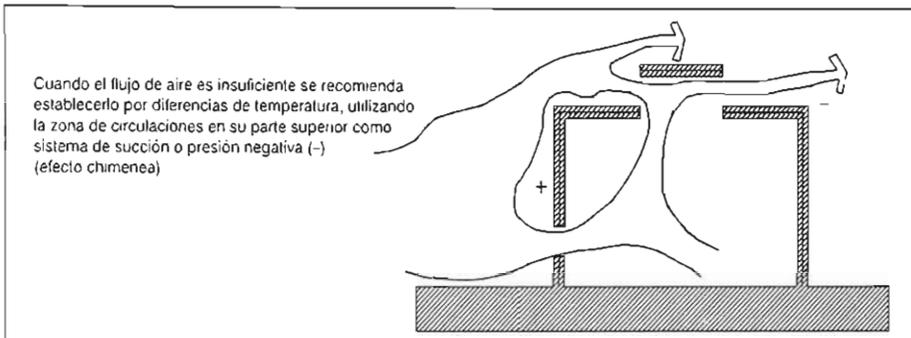


Figura V.28. Ventilación, efecto termoconvectivo

• Calidad del aire

Por lo que respecta a la calidad del aire que se suministra a los usuarios, considerando una concentración de 0.07% de CO₂, la tasa de ventilación requerida para una persona es de 50 m³/h de aire

Aproximadamente con 1.5 cambios por hora como mínimo en cada espacio habitable puede asegurarse una adecuada renovación de aire. En baños y cocinas el número de cambios por hora será de tres como mínimo

	Género: Chlorophytum Especie: Ch. Elatum Familia: Liáceas
	Género: Scindapsus Especie: S. Aureus Familia: Aráceas
	Género: Syngonium Especie: S. Podophyllum Familia: Aráceas

• Vegetación y calidad del aire:

Para controlar y mejorar la calidad del aire que se suministra a los usuarios se recomienda la utilización de las plantas de interior (sombra) cuyos nombres aparecen en la tabla de la izquierda, ya que los estudios realizados han demostrado que poseen una excelente capacidad para transformar por metabolismo interno el aire contaminado proveniente del exterior e interior de la vivienda

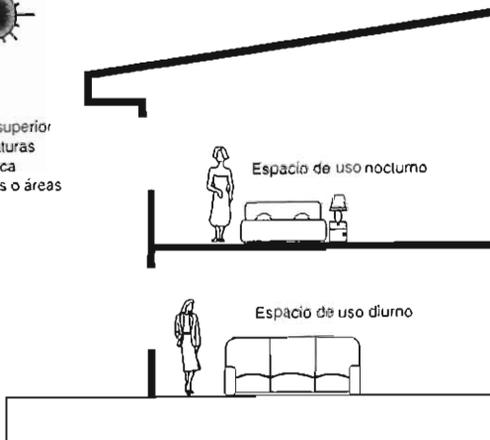
Figura V.29. Calidad del aire intramuros

ABERTURAS



Estratificación térmica

Los espacios habitables de uso nocturno (dormitorios) deben localizarse en el nivel superior de la vivienda para aprovechar las temperaturas más elevadas, que por estratificación térmica ahí se registran. Los espacios no habitables o áreas de servicio deberán ubicarse en el sector norte o noroeste



Ubicación de los espacios

ESPACIO	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
				2	1	3		
				2	1	3		
				2	1	3		
	1	2	3					
	3	2	1					
	1						2	3
	1	2						3

Prioridad:

- 1 Óptimo
- 2 Bueno
- 3 Regular

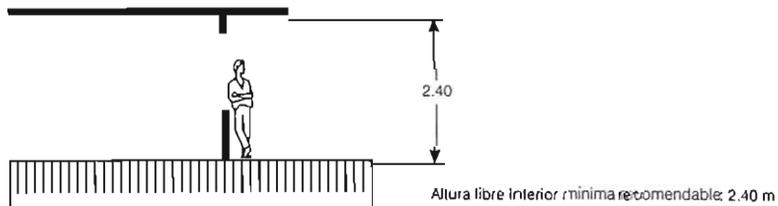


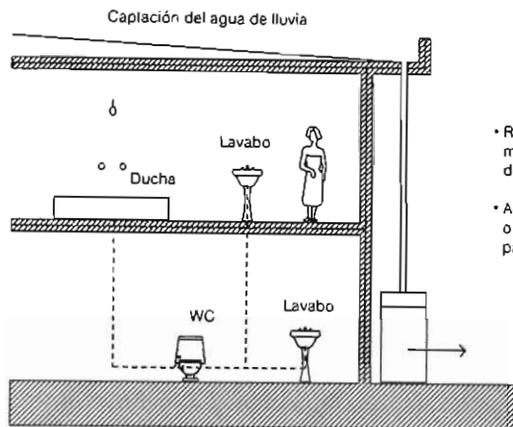
Figura V.30. Estratificación térmica y ubicación de los espacios

FACTORES DE USO ESPACIAL

AGUA

Se recomienda utilizar dispositivos ahorradores, reciclamiento del agua jabonosa y captación del agua de lluvia en las edificaciones

El ahorro potencial puede llegar a 75%, es decir, se podría bajar de un consumo convencional de 200 l/día/persona a sólo 50 l/día



- Reciclamiento de agua jabonosa al WC, mueble sanitario que consume 40% del total de la demanda diaria
- Agua de lluvia para usos secundarios o con tratamiento especial anticontaminante para consumo humano

• Protección contra el agua

Impermeabilización en techumbres para protección contra la lluvia

Impermeabilización necesaria en muros e infraestructura (hasta 50 cm de altura sobre el nivel de piso como mínimo)

• Pozo de absorción:

Se recomienda construir pozos de absorción de agua pluvial para recuperar el nivel freático y propiciar la recarga acuífera

Material pétreo filtrante

Nivel freático

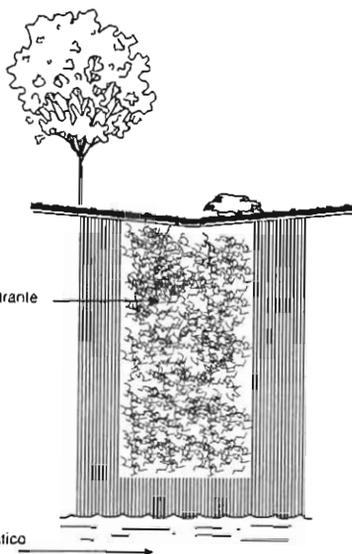


Figura V.31. Ahorro y uso eficiente del agua

SISTEMAS ECOLÓGICO-ENERGÉTICOS

En la zona de servicios y orientadas hacia el norte se recomienda la construcción de cámaras frías para conservación de alimentos, que funcionen por medio de enfriamiento convectivo, evaporativo y radiativo

Deben estar protegidas de la radiación solar directa y expuestas a las corrientes de aire convectivas del exterior. En estas cámaras se pueden registrar temperaturas de hasta 7°C por debajo de la temperatura ambiente

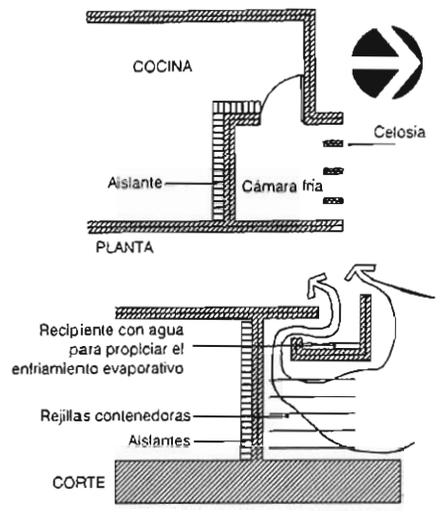
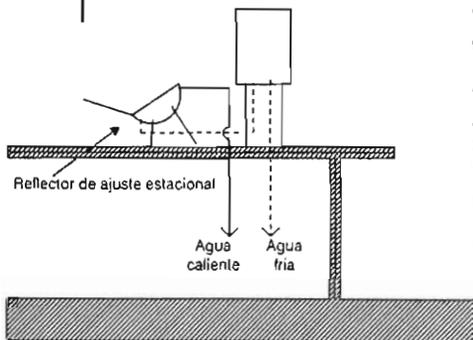
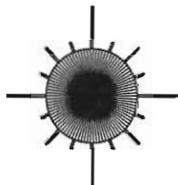


Figura V.32. Cámara fría



Se pueden utilizar colectores solares autocontenidos con reflector (con ajuste estacional opcional)

Volumen de agua caliente: 35 l/día/persona

Área de captación requerida: 1 m²/persona

Orientación del colector: sur geográfico (con rango admisible de 20° hacia el este u oeste a partir del sur)

Inclinación óptima del colector, de acuerdo con el periodo de mayor nubosidad (jun., jul., ago., sept.) 20° (rango aceptable de inclinación, de 10° a 30°)

Figura V.33. Calentamiento de agua

SISTEMAS ECOLÓGICO-ENERGÉTICOS

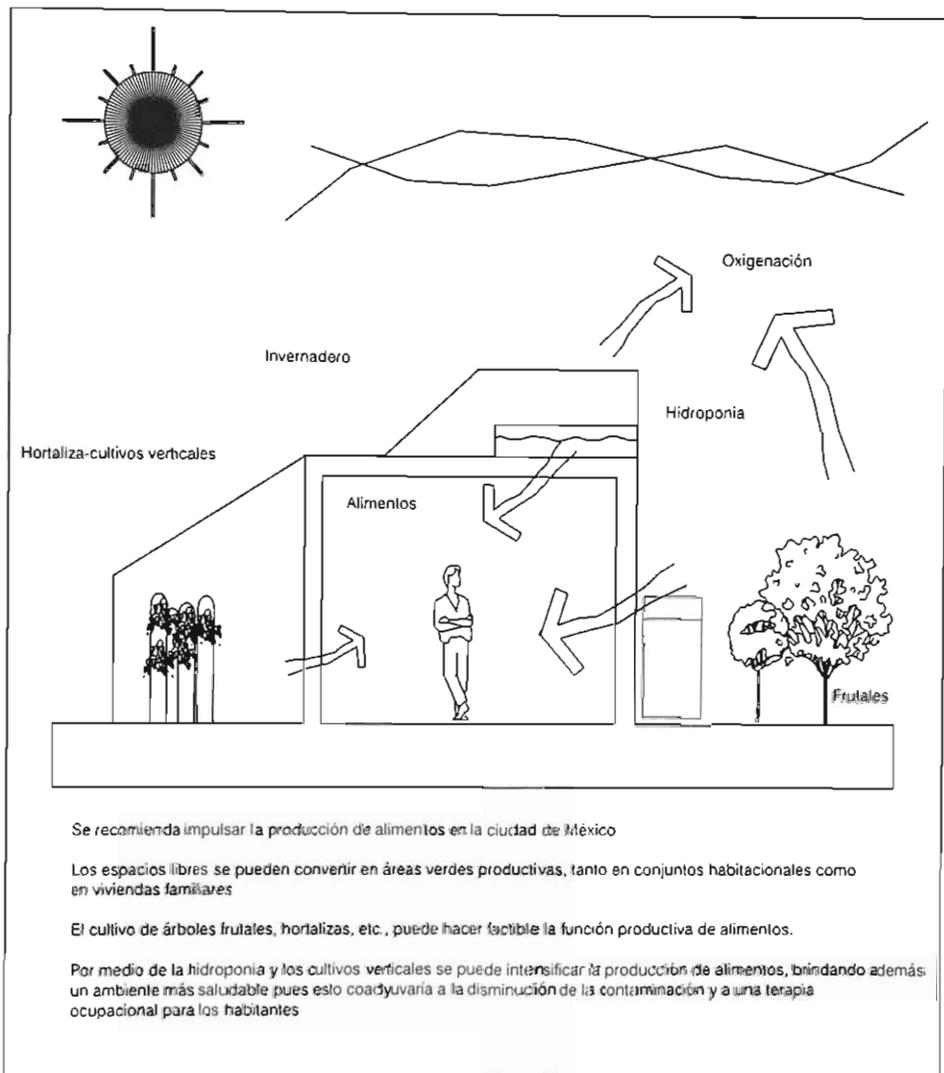


Figura V.34. Producción alimentaria

SISTEMAS ECOLÓGICO-ENERGÉTICOS

Niveles de iluminación y reflectancia de colores recomendables

CUADRO V.11. Niveles de iluminación de espacios habitacionales

Espacios	Gradiente lumínico promedio (lux)
Cocina	250
Sala comedor	150
Recámaras	100
Circulaciones	200
Baño	150

CUADRO V.12. Reflexión de superficies

Gama de colores	Reflectancia
Yeso con pintura blanca	0.85
Amarillo claro	0.75
Amarillo ocre	0.50
Café	0.30
Azul cobalto y verde cromo	0.15
Rojo	0.09
Verde yerba	0.01

* La iluminación exterior diurna en la ciudad de México promedio es de 10 000 lux.

CUADRO V.13. Reflexiones recomendables en elementos constructivos, para espacios habitacionales

Espacio	Plafón	Muros	Pisos
Cocina	0.85	0.50-0.85	0.30-0.75
Sala comedor	0.85	0.75-0.85	0.01-0.75
Recámaras	0.85	0.75-0.85	0.01-0.75
Circulaciones	0.85	0.75-0.85	0.50-0.85
Baño	0.85	0.75-0.85	0.50-0.85

Ejercicios de aplicación para el grupo

- Determinar la temperatura neutra y la zona de confort térmica para varias localidades con condiciones climáticas diversas.
- Graficar los diagramas bioclimáticos y psicrométricos para varias localidades.
- Determinar la temperatura equivalente corregida de varias localidades en la época más calurosa.
- Determinar las estrategias de diseño bioclimático para varias localidades con condiciones climáticas diversas.
- Comparar las estrategias definidas para localidades con distintas condiciones climáticas.

Guía para la autoevaluación

- Defina el término confort y describa cuáles son los factores que lo determinan.
- ¿Cómo se define la temperatura neutra y la zona de confort para una localidad?
- ¿Para qué sirve la temperatura efectiva corregida?
- ¿Qué diferencia hay entre calidad y cantidad de iluminación?
- Mencione tres efectos del ruido sobre las personas.
- ¿Qué importancia tiene el confort psicológico dentro del diseño ambiental?
- ¿Qué son y para qué sirven los "días-grado"?
- ¿Cuáles son las estrategias de diseño bioclimático definidas en el diagrama bioclimático?
- Describa un sistema de calentamiento solar pasivo de tipo indirecto.
- ¿Cuáles son las principales estrategias de diseño bioclimático para la ciudad de México?

CONCLUSIONES

El concepto de arquitectura bioclimática integrado al de sustentabilidad tiene características dinámicas versátiles y multifacéticas. En las acciones de planeación de estrategias y políticas para una ciudad con carácter sustentable, se deben llevar a cabo programas prácticos y efectivos a corto, mediano y largo plazo, orientados al bienestar social, económico, cultural y ecológico, relacionados con el entorno natural y los recursos que en él se generan. De esta manera, el concepto de comunidad sustentable incluye aspectos culturales, educativos, sociales, climáticos y económicos del lugar analizado. En este contexto, los principios y estrategias para una práctica ecológica sustentable en la ciudad de México deben orientarse, en el corto plazo, a acciones que promuevan la capacidad humana para mejorar las condiciones existentes y la pro-

ductividad de la colectividad, evitando al mismo tiempo posibles efectos negativos en el entorno natural. En el mediano y largo plazo, a la práctica del desarrollo sustentable enfocado a la protección y conservación de los recursos naturales y a la promoción de la biodiversidad y los ecosistemas, de manera tal que en la ciudad se eleve la calidad de vida de sus habitantes y se fomente un continuo proceso evolutivo de los aspectos sociales, educativos, culturales y de la salud. Todo esto debe aplicarse tanto a las actuales como a las futuras generaciones, respetando la herencia cultural y promoviendo al mismo tiempo el surgimiento de una nueva cultura comunitaria sustentable, en la cual la arquitectura y el hábitat construido se integren de manera favorable y armónica con el medio ambiente de la ciudad de México.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- Almanza, R. et al., *Actualización de los mapas de irradiación global solar en la república mexicana*, México, Instituto de Ingeniería, UNAM, agosto de 1990.
- Atkinson, D., D. Davis et al., "Working Group on Public Health and Fossil-Fuel Combustion", *The Lancet, Medical Journal*, vol. 350, núm. 9088, noviembre de 1997.
- Atlas del agua de la república Mexicana*, México, SARH, 1976.
- Bárcena, Mariano, *El clima de la ciudad de México*, publicación de la Secretaría de Fomento, México, 1893.
- Buck Charles, *Fire Weather, Agriculture*, Handbook 360, U.S. Department of Agriculture & Forest Service, 1970.
- Davis, G., "Energy for the Planet Earth", *Scientific American*, edición especial, vol. 263, núm. 3, pp. 21-36, Nueva York, septiembre de 1990.
- De Pont, Luis Marco, *El crimen de la contaminación*, México, UAM-A (Biblioteca de Ciencias Sociales y Humanidades), 1984.
- Departamento del Distrito Federal (DDF), *Programa de Reordenación Urbana y Protección Ecológica del Distrito Federal*, México, DDF, 1984.
- Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH), *Compendio 1995*, México, Departamento del Distrito Federal, enero de 1995, pp. 67-69.
- Dogart, A., "¿Hacia una industria ecológica?", *Expansión*, vol. XXIV, núm. 585, 4 de marzo de 1992, pp. 33-45.
- Donald Watson, *Climatic Design*, EUA, Mc-Graw Hill, 1983.
- El Financiero Internacional*, "México en el Top Cien de la contaminación", México, 29 de diciembre de 1997.
- Fernández Zayas, José Luis, *Cálculo de la radiación solar instantánea en la república mexicana*, II, núm. 472, México, UNAM, 1983.
- Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE), informe ejecutivo, México, FIDE, diciembre de 1997.
- Flavin, Ch., S. World Watch Paper 138, *Rising Sun, Gathering Winds: Policies to Stabilize the Climate and Strengthen Economies*, Washington, World Watch, 1997.
- Fuentes, F. y Víctor, Aníbal Figueroa, *Criterios de adecuación bioclimática a la arquitectura*, núm. 7600, México, IMSS, 1990.
- García Espejel, Antonio, "El medio natural como marco para el desarrollo urbano", *Neoclima urbano*, México, UNAM, 1975.
- García, Enriqueta, *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*, México, Talleres Larios, 1988.
- García, José Roberto y Víctor Fuentes, *Viento y arquitectura*, México, Trillas, 1995.
- Halfiter, G., "Report of the Biosphere World Association", *Excelsior*, México, 29 de octubre de 1989.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), *Conteo de población y vivienda. Resultados definitivos tabulados básicos*, México, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, enero de 1997.
- , *Conteo de población y vivienda. Resultados definitivos tabulados básicos*, México, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1994.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), United Nations Environment Programme (UNEP) y World Meteorological Organization (WMO). Dos de tres volúmenes de *Climate Change: vol. I, Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; vol. 2, *Climate Change 1995: Impacts, Adaptations and Mitigations of Climate Change: Scientific-Technical Analyses Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, J. J. Houghton, L. G. Meiro Filho, B. A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg y K. Maskell (comps.), Nueva York, Cambridge University Press, 1996.

- International Energy Agency, *World Energy Outlook*, edición de 1998, París, Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), abril de 1998.
- Jáuregui O., Ernesto, *Mesomicroclima de la ciudad de México*, México, UNAM, 1971.
- Normales climatológicas de la red sinóptica básica de superficie y estaciones climatológicas del primer orden, 1951-1980*, México, SMN.
- Normas Técnicas del IMSS*, México, IMSS, 1985.
- OMS, *El ruido. Criterios de salud ambiental 12*, Washington, ONU, 1983.
- Ponte Lowell, "How Artificial Light Affects your Health", *Reader's Digest*, Nueva York, R.A., 1981.
- Rivera, Alicia, "El planeta se enfrenta a la crisis del clima", Madrid, *El País*, 30 de diciembre de 1997.
- Rostvik, H., *The Sunshine Revolution*, Stavanger, SUNLAB Publishers, agosto de 1992.
- Saad, P., Secretaría de Ecología y Desarrollo Social (Sedesol), Informe de Sedesol, "Sólo 2.3 m² de áreas verdes por habitante tiene la capital", *Excelsior*, México, 5 de septiembre de 1994.
- Secretaría de Energía, *Balanza Nacional de Energía 1997*, México, SE, diciembre de 1998.
- SEMIP, *Energía Rural en México*, México, Commission of European Communities y la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal (SEMIP), noviembre de 1998.
- Sirahler, Artur y Alan, *Modern Physical Geography*, Nueva York, John Wiley & Sons, 1983.
- Szokolay, Steve, *Environmental Science Handbook*, Londres, The Construction Press, Lancaster, 1981.
- , *Passive and Low Design for Thermal and Visual Comfort. Passive and Low Energy Ecotechniques Applied to Housing*, Nueva York, Pergamon Press, 1984.
- United Nations (UN), Population Division, *World Urbanization Prospects*, UN, Nueva York, 1995, p. 87.
- , "Ciudades apocalípticas, augura la ONU", comunicado de prensa de UN, *El Universal*, México.
- Vega, Patricia, *La Jornada*, México, 5 de enero de 1998.
- Velázquez, E., "Acerca de la problemática del medio ambiente y la contaminación en el valle de México", octubre de 1990, *El Cotidiano. Ecología y Desarrollo*, México, mayo de 1992, pp. 32-37.
- Viqueira, J., "Proyecciones del consumo eléctrico en la cuenca del valle de México al año 2000", *Proceedings: Agua y energía en la ciudad de México. Perspectivas al año 2000*, México, julio de 1988, p. 81.
- World Commission on Environment and Development (WCED), *Our Common Future*, Oxford, Oxford University Press, 1987.
- World Energy Council, "Statement to the Third Conference of the Parties to the UN Climate Convention", comunicado de prensa, Kyoto, Japón, diciembre de 1997.
- , "WEC Message 1997. 1996 Executive Assembly", comunicado de prensa, Nueva York, 1997.
- , *Energy for Tomorrow's World: The Realities, the Real Options, and the Agenda for Achievement*, Londres, Kogan Page, y Nueva York, St. Martin's Press, 1993.
- , *World Energy Council Journal*, julio de 1997, Londres y St. Martin's Press, Nueva York, 1997.
- World Resources 1998-1999, World Resources Institute en colaboración con United Nations Development Programme, *The United Nations Environment Programme, and the World Bank*, Oxford, Oxford University Press, abril de 1998.
- World Resources Institute, "WRI President Calls Kyoto Protocol a Historic Step for Humankind", comunicado de prensa, Washington, 11 de diciembre de 1997.
- , *World Resources 1992-1993. A Guide to the Global Environment. Towards Sustainable Development*, Oxford, Oxford University Press, 1992, p. 143.
- World Resources Inventory, *World Energy Data Sheet*, Filadelfia, 1980.

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura II.1 Consumo histórico de energía, 13
Figura II.2 Consumo global de energía, 15
Figura II.3 Crecimiento de la población urbana, 16
Figura II.4 Crecimiento poblacional vs. Consumo de energía en el mundo, 19
Figura II.5 Consumo mundial de energía por fuente para 1998, 20
Figura II.6 Contaminantes que provocan el calentamiento global, el cambio climático y el deterioro ambiental en el planeta, 20
Figura II.7 Concentraciones atmosféricas de CO₂ de 1860 al 2000, 21
Figura II.8 Emisiones globales de carbón por combustible fósil, 21
Figura II.9 Relación de población y emisión de contaminantes en el mundo, 24
Figura II.10 Emisión de contaminantes en el mundo, 24
Figura II.11 Diferencias en el consumo de energía, mundial por países, 25
Figura II.12 Consumo de energía en el mundo, por países, 25
Figura III.1 Participación de los diversos energéticos en la producción de energía primaria en México, 32
Figura IV.1 Ubicación geográfica del Distrito Federal, 43
Figura IV.2 Zonas bioclimáticas por temperatura en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, 44
Figura IV.3 Zonas bioclimáticas por precipitación pluvial en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, 45
Figura IV.4 Agrupación bioclimática para la ZMCM, 46
Figura IV.5 Islas de calor, temperatura mínima promedio en mayo, 47
Figura IV.6 Ángulos solares a las 12 horas, 49
Figura IV.7 Frecuencia de viento anual, 49
Figura IV.8 Gráficas climáticas, Observatorio de Tacubaya, 1951-1980, 52
Figura IV.9 Gráfica de radiación solar horaria, 53
Figura IV.10 Gráficas de viento, Observatorio de Tacubaya, 55
Figura IV.11 Gráficas de temperatura media histórica, Observatorio de Tacubaya, 77
Figura IV.12 Gráficas estadísticas del comportamiento de la temperatura media histórica, Observatorio de Tacubaya, 78
Figura IV.13 Gráficas de humedad relativa media histórica, Observatorio de Tacubaya, 81
Figura IV.14 Gráficas estadísticas del comportamiento histórico de la humedad relativa media, Observatorio de Tacubaya, 82
Figura IV.15 Gráficas de precipitación pluvial histórica, Observatorio de Tacubaya, 85
Figura IV.16 Gráficas estadísticas del comportamiento histórico de la precipitación pluvial total, Observatorio de Tacubaya, 86
Figura IV.17 Gráficas estadísticas del comportamiento climático histórico de 1921 a 1997, en el mes de octubre, Observatorio de Tacubaya, 89
Figura V.1 Diagrama de temperatura efectiva corregida, 103
Figura V.2 Gráfica solar ortogonal para la latitud 19° 24', 111
Figura V.3 Gráfica solar estereográfica para la latitud 19°, 112
Figura V.4 Gráfica solar estereográfica con zonas de temperaturas horarias, 113
Figura V.5 Diagrama bioclimático para exteriores del D.F., 122
Figura V.6 Diagrama psicrométrico para el D.F., 123
Figura V.7 Diagrama psicrométrico con valores de radiación y viento, 124
Figura V.8 Diagrama psicrométrico para arropamiento, 125
Figura V.9 Diagrama psicrométrico para metabolismo, 126

- Figura V.10 Planeación del lugar. Manzanas, 128
- Figura V.11 Planeación del lugar. Lotes, 128
- Figura V.12 Planeación del lugar. Andadores y accesos peatonales, 128
- Figura V.13 Planeación del lugar. Orientación óptima en vivienda multifamiliar, 129
- Figura V.14 Planeación del lugar. Separación y altura de edificaciones, 129
- Figura V.15 Proyecto del espacio. Geometría óptima de vivienda unifamiliar, 130
- Figura V.16 Proyecto del espacio. Lucernarios, 130
- Figura V.17 Proyecto del espacio. Altura mínima de piso a techo, 130
- Figura V.18 Proyecto del espacio. Localización de zona de servicio, 130
- Figura V.19 Envolverte edificatoria. Masa térmica de edificios en la vivienda, 130
- Figura V.20 Envolverte edificatoria. Losas, 131
- Figura V.21 Envolverte edificatoria. Puertas. Vivienda unifamiliar y multifamiliar, 132
- Figura V.22 Envolverte edificatoria. Pisos, 132
- Figura V.23 Aberturas. Geometría solar. Control solar, 133
- Figura V.24 Aberturas. Tipos de ventanas, 133
- Figura V.25 Aberturas. Parteluces, 133
- Figura V.26 Aberturas. Control solar con vegetación, 134
- Figura V.27 Aberturas. Uso de ventilación y vegetación, 135
- Figura V.28 Aberturas. Ventilación por efecto termoconvectivo, 136
- Figura V.29 Aberturas. Calidad del aire intramuros, 136
- Figura V.30 Factores de uso espacial. Estratificación térmica y ubicación de los espacios, 137
- Figura V.31 Sistemas ecológico-energéticos. Ahorro y uso eficiente del agua, 138
- Figura V.32 Sistemas ecológico-energéticos. Cámara fría, 139
- Figura V.33 Sistemas ecológico-energéticos. Calentamiento de agua, 139
- Figura V.34 Sistemas ecológico-energéticos. Producción alimentaria, 140

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro II.1	Resumen de acontecimientos relevantes relacionados con el calentamiento global, 22
Cuadro II.2	Contaminantes que dejan de emitirse a la atmósfera por cada kWh ahorrado por el consumidor final, 27
Cuadro II.3	Resumen de resultados y beneficios obtenidos en México por la realización de programas de ahorro y uso eficiente de energía, 27
Cuadro IV.1	Datos climáticos, Observatorio de Tacubaya, 27
Cuadro IV.2	Radiación solar horaria, 54
Cuadro IV.3	Viento en marzo de 1981, Observatorio de Tacubaya, 56
Cuadro IV.4	Viento dominante en junio de 1981, Observatorio de Tacubaya, 59
Cuadro IV.5	Viento dominante en septiembre de 1981, Observatorio de Tacubaya, 62
Cuadro IV.6	Viento dominante en diciembre de 1981, Observatorio de Tacubaya, 62
Cuadro IV.7	Datos climáticos de Azcapotzalco, Moctezuma y Xochimilco, 68
Cuadro IV.8	Temperatura media histórica para Tacubaya, 75
Cuadro IV.9	Humedad relativa media histórica, Observatorio de Tacubaya, 79
Cuadro IV.10	Precipitación pluvial total histórica, Observatorio de Tacubaya, 83
Cuadro IV.11	Datos climáticos históricos de 1921 a 1997 en el mes de octubre, Observatorio de Tacubaya, 87
Cuadro IV.12	Datos históricos de viento, de 1981 a 1997, Observatorio de Tacubaya, 90
Cuadro V.1	Niveles de metabolismo promedio, 98
Cuadro V.2	Datos horarios de temperatura y humedad para Tacubaya, 100
Cuadro V.3	Datos horarios de temperatura y humedad con indicación de rangos para Tacubaya, 101
Cuadro V.4	Sensación de velocidad del viento, 102
Cuadro V.5	Normas de iluminación, 105
Cuadro V.6	Niveles de ruido, 106
Cuadro V.7	Ángulos solares para el 21 de marzo, 114
Cuadro V.8	Ángulos solares para el 21 de junio, 115
Cuadro V.9	Ángulos solares para el 23 de septiembre, 116
Cuadro V.10	Ángulos solares para el 21 de diciembre, 117
Cuadro V.11	Niveles de iluminación en espacios habitacionales, 141
Cuadro V.12	Reflexión de superficies, 141
Cuadro V.13	Reflexiones recomendables en elementos constructivos para espacios habitacionales, 141

ÍNDICE GENERAL

<i>Prólogo</i>	7
<i>Capítulo I. Introducción</i>	9
Objetivos	9
Metas	9
Alcances	9
Metodología	9
<i>Capítulo II. Uso de recursos naturales e impacto ambiental. Análisis de la situación en el ámbito mundial</i>	11
Planteamiento del problema	11
Antecedentes históricos. Uso de la energía a lo largo del tiempo y su influencia en el medio ambiente natural	12
Desarrollo de ciudades. Análisis de su crecimiento y efectos	15
Patrones de consumo energético y su relación con el crecimiento poblacional y el impacto ambiental en las ciudades	18
Uso de la energía y sus efectos en el medio ambiente. Contaminación ambiental: causas y efectos. Situación actual y perspectivas	18
Efectos de la contaminación en la salud del hombre	28
Diagnóstico	29
Resumen	29
Ejercicios de aplicación	29
Guía para la autoevaluación	30
<i>Capítulo III. Uso de la energía e impacto ambiental en México</i>	31
Situación actual	31
Disponibilidad de recursos naturales en México	32
Diagnóstico	36
Resumen	36
Ejercicios de aplicación para el grupo	37
Guía para la autoevaluación	37

<i>Capítulo IV. Caracterización climática, energética y ambiental de la ciudad de México</i>	39
Antecedentes. Uso de los recursos naturales e impacto ambiental	39
Situación ambiental actual. Contaminación; causas y efectos	40
Condiciones climáticas en zonas representativas de la ciudad de México	41
Localización	41
Ubicación geográfica	41
Mesoclima de la ciudad de México	42
Temperaturas	42
Precipitación y humedad	48
Radiación solar e insolación	48
Ángulos de geometría solar	48
Alteraciones climáticas en la ciudad de México	71
Inversión térmica	71
Efecto invernadero	72
Calentamiento global y cambio climático	72
Alteraciones climáticas en la ciudad de México	73
Temperatura	74
Precipitación	74
Humedad relativa	74
Análisis histórico 1921-1997 (mes de octubre)	74
Diagnóstico	91
Resumen	91
Ejercicios de aplicación para el grupo	91
Guía para la autoevaluación	92
<i>Capítulo V. Soluciones alternativas para la preservación y mejoramiento del medio ambiente en la ciudad de México en relación con el hábitat construido</i>	93
Arquitectura bioclimática e integración de nuevas alternativas energéticas y uso eficiente de las energías convencionales. Principios básicos y aplicaciones	93
Arquitectura bioclimática y desarrollo sustentable. Integración	95
Principios y estrategias de diseño bioclimático para el sector habitacional de la ciudad de México.	96
Introducción	96
Confort ambiental	97
Confort térmico	97
Confort lumínico	104
Confort acústico	106
Confort psicológico	108
Días grado	109
Geometría solar aplicada en la arquitectura	109
Diagramas bioclimáticos	118
Carta bioclimática	118
Diagrama psicrométrico	118
Estrategias de control bioclimático	120
Estrategias generales	120

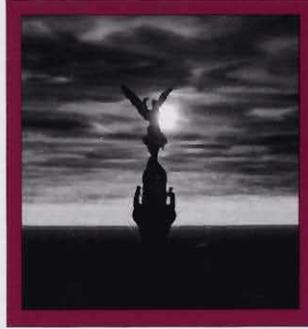
Índice general

Estrategias de diseño bioclimático para el sector habitacional en la ciudad de México	127
Ejercicios de aplicación para el grupo	141
Guía para la autoevaluación	141
<i>Conclusiones</i>	143
<i>Bibliografía y referencias</i>	144
<i>Índice de figuras</i>	147
<i>Índice de cuadros</i>	149

Arquitectura y medio ambiente en la ciudad de México
se terminó de imprimir en mayo de 2000
en los talleres de Sans Serif Editores, S.A. de C.V.,
Leonardo da Vinci 199, col. Mixcoac, 03910 México, D.F.
El tiro consta de 1 000 ejemplares más sobrantes
para reposición.
La composición tipográfica, la formación, la producción
y el cuidado editorial estuvieron a cargo
de Sans Serif Editores,
tel. 5611 37 30, telfax 5611 37 37.

Otros títulos en esta colección

- Patrick Staelens, *El trabajo de los menores*
Luis Rodríguez, *El diseño preindustrial*
José Dolores Juárez Cervantes, *Sistemas de distribución de energía eléctrica*
Rafael Quintero, *Electrónica física*
Adalberto Cantú Chapa, *Análisis de diseño con diodos y transistores*
Mariem Henaine-Abed, *Planación y control de la producción*
José Vega Luna y Gerardo Salgado Guzmán, *Prácticas de laboratorio de sistemas digitales*
Ana Lilia Laureano, *Programación orientada a objetos: un enfoque con tipos abstractos*
Juan González Márquez, *Introducción al derecho bancario mexicano*
Violeta Múgica y José de Jesús Figueroa, *Contaminación ambiental, causas y control*
Fernando Toledo Toledo, *Métodos computacionales para el análisis de sistemas de potencia*
Raymundo López Callejas, Juan Ramón Morales Gómez, Mabel Vaca Mier, Araceli Lara Valdivia y David Sandoval Cardoso, *Problemario de mecánica de fluidos*
Tomás David Navarrete González y José Ángel Rocha Martínez, *Colección de problemas resueltos para el curso de energías mecánica y eléctrica*
Rafael López Bracho, María Paula Ortuño Sánchez, Felipe Carrillo Romero y María Teresa Rodríguez Martínez, *Paquete computacional "Optimización en redes (versión 2.0) para Windows"*.



La destrucción de los ecosistemas en el planeta es una situación cada vez más evidente, que afecta a la sociedad en su conjunto, tanto en comunidades urbanas como rurales. Es urgente plantear y realizar acciones prácticas y efectivas, orientadas al mejoramiento y la preservación del medio ambiente y de la calidad de vida, que reconcilien y fortalezcan la relación armónica del hombre con su medio ambiente natural. En este orden de ideas, la aplicación de acciones que contribuyan al desarrollo sustentable, basadas en el aprovechamiento de los recursos energéticos naturales renovables, se presenta como una alternativa promisoría para propiciar un cambio favorable en el hábitat construido por el hombre, que contribuya al mejoramiento del entorno natural del planeta.

En este libro se analiza el grave problema ambiental de la ciudad de México y su relación con el hábitat construido, y se plantean acciones y medidas correctivas para contribuir a su solución.

Para la realización de este libro se ha llevado a cabo una cuidadosa investigación de las fuentes más actualizadas y confiables de las diversas disciplinas científicas y tecnológicas que estudian el diseño y su relación con las repercusiones en el medio ambiente natural. El análisis climático, la interpretación de los resultados obtenidos y el planteamiento de las estrategias de diseño bioclimático que se presentan al final de la obra, como parte medular de la misma, se basan en la experiencia docente de los autores y en su práctica profesional.