



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

**FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFÍA**

**EVALUACIÓN DEL CONFORT TÉRMICO DE LOS
HABITANTES CON OBESIDAD DE LA CIUDAD DE MÉXICO
Y EL EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO URBANO Y
GLOBAL**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADA EN GEOGRAFÍA

P R E S E N T A:

EDITH GUADALUPE AGUILAR MORENO



DIRECTOR DE TESIS:

DR. VÍCTOR LUIS BARRADAS MIRANDA

CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO, D.F. 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos institucionales

A la UNAM, nuestra máxima casa de estudios por formarme académicamente y ser orgullosamente mi segundo hogar.

A los profesores que guiaron mi educación, en especial a mis sinodales: Dra. Rosalia Vidal, Dr. Juan Carlos Gómez, Dra. Mary Frances Rodríguez y Mtra. Berenice Castillo, por su guía y consejos para esta tesis.

A mi asesor de tesis Dr. Víctor Luis Barradas Miranda porque no existen palabras para agradecer la paciencia, apoyo y guía hacia mi persona y la realización de esta investigación.

Agradecimientos

A mis padres, Guadalupe Moreno y Roberto Aguilar por su apoyo en cada uno de los aspectos de mi vida, por creer, confiar en mí y animarme a seguir adelante día a día con su ejemplo y gran amor.

A mis hermanas: Araceli, Nancy y Ana, porque cada una me ha enseñado el significado de ser una gran mujer y siempre han sido y serán mi ejemplo a seguir.

A mis abuelitas Basilisa† y Reina por ser la base de la hermosa familia que tengo, y que es lo que me da la fuerza de seguir adelante llevando conmigo su gran amor en mi corazón.

A mis tías Araceli e Isabel porque cada una es símbolo de esfuerzo y amor en mi vida.

A mis amigos, en especial a Adriana Becerril, por acompañar mis pasos y caídas con alegría; y a Dinorah Enriquez por tu ejemplo y amistad siempre presente.

A Erandi, Náyade, Magaly y Paola por seguir acompañándome y brindarme su cariño después de tantos años.

A Alex, por alegrar y alentar mis días, teniendo siempre las palabras correctas.

A todas las personas que acompañaron mi camino (Elizabeth, Laura, Ximena, Gaby, Alberto, Alfredo, Luis) durante la carrera y me brindaron su apoyo, amistad y gran aprendizaje.

GRACIAS!

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1: Climatología Urbana. Ciudad de México	7
1.1. El clima y la ciudad	7
1.2. El fenómeno de la Isla de Calor Urbana.....	10
1.2.2. El balance de energía	12
1.3. Evolución del fenómeno de la ICU en la Ciudad de México	15
1.4. El clima de la Ciudad de México.	19
CAPÍTULO 2: Cambio climático Global y Urbano	22
2.1. Conceptos y generalidades	22
2.1.2. Efecto invernadero	25
2.2. Cambio climático urbano	27
2.2.1. El cambio climático en México.....	29
2.2.2. Cambio climático en la Ciudad de México	32
CAPÍTULO 3: Confort térmico	35
3.1. Conceptos y generalidades	35
3.2. Índices de confort térmico	39
CAPÍTULO 4: Cambio climático y salud en las ciudades	42
4.1. Conceptos y generalidades	42

4.2. Obesidad en los centros urbanos	45
4.3. Termorregulación del cuerpo humano.....	49
CAPÍTULO 5: Evaluación del confort térmico de los habitantes de la ciudad de México según su estado nutricional	53
5.1. Materiales y métodos.....	53
5.1.1. Temperatura.....	57
5.1.2. Estado nutricional de la población de la Ciudad de México	60
5.1.3. Datos antropométricos.....	65
5.2. Resultados.....	67
Discusión y conclusiones	77
Bibliografía y páginas electrónicas	86

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Temperatura media de los inviernos en el observatorio de Tacubaya D. F., 1877-1999.</i>	16
<i>Figura 2. Distribución y tendencia de la temperatura del aire (T) de la estación La Merced (área urbana) y Ciudad Universitaria (área rural) de 1986 a 2009.</i>	18
<i>Figura 3 Distribución climática del Distrito Federal; el 57% del territorio de esta entidad presenta un clima templado, 33% climas semifríos y 10% semisecos</i>	20
<i>Figura 4 Comportamiento de las anomalías de la temperatura a través del tiempo</i>	29
<i>Figura 5 Frecuencia decadal de ondas de calor en Tacubaya en el periodo 1877-2007(Jáuregui, 2008)</i>	44
<i>Figura 6 Procesos que producen la ganancia de calor en el ser humano</i>	51
<i>Figura 7 Ventana principal del programa RayMan 1.2</i>	55
<i>Figura 8 Distribución del IMC en la población adulta de 18 a 39 años según los resultados de la ENURBAL 1995. Fuente: ENURBAL 1995.</i>	61
<i>Figura 9 Distribución del IMC en la población adulta de 40 a 69 años según ENURBAL</i>	62
<i>Figura 10 Distribución del IMC en la población adulta de 18 a 49 años según ENURBAL (2002).</i>	63
<i>Figura 11 Distribución del IMC en población adulta de 50 a 60 años, según ENURBAL (2002).</i>	63
<i>Figura 12 Porcentaje de población adulta (>20 años) para el Distrito Federal según IMC. Fuente: ENSANUT 2006.</i>	64
<i>Figura 13 Resultados de las encuestas ENURBAL 1995, ENURBAL 2002 y ENSANUT 2006 del estado nutricional de la población adulta de la Ciudad de México.</i>	65
<i>Figura 14 Resultados de PET (°C) para la temperatura máxima promedio del mes de mayo en el periodo 1990-2010</i>	76
<i>Figura 15 Grado de estrés fisiológico según los intervalos de la PET (°C), para temperatura máxima promedio del mes de mayo en el periodo 1990-2010.</i>	76
<i>Figura 16 Climatología del Valle de México.</i>	79

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Relación del tipo de amenaza por región y entidad federativa debido al cambio climático</i>	31
<i>Tabla 2 Factores y variables que determinan el confort térmico humano</i>	37
<i>Tabla 3 Índices de confort térmico según el enfoque sintético o empírico</i>	40
<i>Tabla 4 Índices de confort térmico según el enfoque analítico racional</i>	41
<i>Tabla 5 Clasificación del IMC y categorías del estado nutricional para la población adulta</i>	48
<i>Tabla 6 Intervalos de la Temperatura Fisiológica Equivalente (Matzarakis 1996).</i>	54
<i>Tabla 7 Estaciones Meteorológicas</i>	58
<i>Tabla 8 Temperatura Máxima promedio del mes de mayo para el periodo</i>	59
<i>Tabla 9 Estado nutricional de mujeres adultas por grupos de edad</i>	66
<i>Tabla 10 Estado nutricional en hombres por grupos de edad</i>	67
<i>Tabla 11 Características corporales de una persona hipotética del sexo femenino según su IMC</i>	67
<i>Tabla 12 Temperatura equivalente fisiológica con datos de la estación meteorológica de Ciudad Universitaria según estado nutricional</i>	69
<i>Tabla 13 Resultados de la Temperatura equivalente fisiológica de la estación meteorológica DESVIACIÓN ALTA AL PEDREGAL según estado nutricional</i>	70
<i>Tabla 14 Resultados de la Temperatura equivalente fisiológica de la estación meteorológica GRAN CANAL según estado nutricional</i>	72
<i>Tabla 15 Resultados de la Temperatura equivalente fisiológica de la estación meteorológica SANTAURSULA COAPA según estado nutricional</i>	73
<i>Tabla 16 Promedio de resultados de PET por estación meteorológica</i>	75

INTRODUCCION

La ciudad como escenario de múltiples hechos y fenómenos físicos, biológicos y humanos, es objeto de estudio importante para la Geografía, el crecimiento de los centros urbanos a nivel mundial a partir de la emergencia de nuevas tecnologías con la Revolución Industrial, dio la pauta para que el ser humano transformara totalmente la forma de interactuar y desarrollarse en el medio natural.

La población urbana a nivel mundial entre 1950 y 2011 aumentó casi cinco veces (ONU-Habitat, 2011), y con esto, también aumentaron el consumo de energía, la intensidad del uso de la tierra, el comercio y todas las actividades humanas requeridas para abastecer las necesidades de la población. Todos estos procesos han alterado y modificado el funcionamiento del sistema Tierra dando lugar al cambio climático, que es definido por la CMCC (Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas) como: “el cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos comparables” (IPCC, 2007).

En su caso específico, la Ciudad de México con sus 8 851 080 habitantes al año 2010 y una superficie de 1485 km² (INEGI, 2010) representa una multitud de elementos a estudiar causados por la interacción del hombre con su entorno y por lo tanto, da lugar a múltiples transformaciones del espacio. Debido al cambio climático muchas de estas interacciones naturales serán modificadas, por lo que es

importante el estudio de sus elementos y la realización de un análisis en el cual se pueda conocer el escenario futuro como consecuencia de estas transformaciones.

Al modificarse la composición de la atmósfera mundial, el clima y el estado del tiempo, dos factores que para el desarrollo humano han sido fundamentales para la salud y bienestar de las personas, sufrirán cambios:

“Se considera que con un calentamiento generalizado de la atmósfera, los mayores impactos se manifestarán en dos aspectos: primero, aumento en la mortalidad y en los niveles de desconfort, debido a altas temperaturas; y segundo, un cambio en la distribución de los vectores de varias enfermedades infecciosas, que se desplazarían a latitudes norte en territorio mexicano (pueden desaparecer en regiones tropicales del sur y desplazarse hacia regiones de latitud norte)” (Kalkstein, 1991).

Si tomamos en cuenta que durante el siglo XX la temperatura media de la superficie terrestre aumentó 0.6 °C aproximadamente, de las cuales dos terceras partes de ese calentamiento se han producido desde 1975 (Patersson, 2010), y asimismo el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) en 2001 estimó que la temperatura media anual se elevaría varios grados centígrados este siglo, la cuestión del confort térmico en las poblaciones urbanas toma un papel fundamental para su estudio, ya que, se debe tomar en cuenta que las medidas de adaptación y/o mitigación implementadas por la población ante estos cambios pueden ser en favor de una mayor producción de

gases de efecto invernadero en las ciudades debido a que el aumento en la demanda en la utilización de los sistemas de aire acondicionado podría aumentar considerablemente.

El confort térmico se define como “un estado de equilibrio resultante del balance de cargas térmicas que se intercambian entre el cuerpo humano y su ambiente inmediato, debido al proceso químico del metabolismo y al proceso fisiológico de termorregulación en respuesta a los elementos externos del clima”. (Critchfield, 1974)

El intercambio y balance de energía necesario para llegar al confort térmico toma en cuenta el proceso químico del metabolismo y el proceso fisiológico de termorregulación, es por ello que, la estructura fisiológica de la población podría influir de forma importante en el confort térmico de cada individuo. Así mismo, la obesidad es una enfermedad que se manifiesta por la acumulación de exceso de grasa corporal con implicaciones para la salud de las personas, todo esto como resultado de un desequilibrio entre la ingesta y el gasto energético a consecuencia de la ingestión de dietas con alta densidad energética y bajas en fibra en combinación con escasa actividad física, en México es cada vez mayor la población que presenta obesidad.

El estilo de vida de las ciudades, es sin duda interesante en diversos aspectos, actualmente la población urbana está inmersa en una dinámica sumamente paradójica, la ciudad se caracteriza por una gran movilidad de flujos, ya sea de transporte, económicos, de recursos, etc. Pero a su vez, la interacción de

las personas con el entorno es cada vez más artificial, un menor gasto de energía o esfuerzo implica una mayor satisfacción, por lo que el aumento en las personas con vida sedentaria y una alimentación inadecuada está dando lugar a una epidemia de la obesidad.

Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), para el año 2012 México ocupa el segundo lugar en obesidad después de Estados Unidos en donde el 32.4% de la población adulta padecían obesidad.

El proyecto de tesis que se presenta, tiene como objetivo principal estudiar los cambios en el grado de confort térmico de la población de la Ciudad de México como resultado del aumento de las temperaturas debido al cambio climático, tanto urbano como global y, de qué forma la obesidad que afecta a parte de la población puede ser un factor que influya de manera considerable en el confort térmico y por lo tanto en la salud de la población así como en las medidas que puedan ser implementadas ante dicho aumento, lo anterior con el fin de realizar una proyección que nos permita analizar cómo evolucionarán estos cambios.

HIPOTESIS

La población de la ciudad de México verá afectado su grado de confort térmico a partir del aumento de las temperaturas provocadas por el cambio climático urbano

y global, siendo las personas con obesidad las que presenten mayor grado de discomfort térmico, poniendo en riesgo su salud.

Objetivo General

Determinar la diferencia de confort térmico de la población de la Ciudad de México según su estado nutricional como consecuencia del cambio en el régimen de temperaturas provocado por el cambio climático tanto urbano como global.

Objetivos Particulares

Conocer como se ha ido modificando el régimen de temperaturas en la Ciudad de México en un periodo de 20 años.

Determinar las características fisonómicas de la población de la Ciudad de México referentes a su estado nutricional, y realizar una proyección a 20 años para conocer de qué forma podrá evolucionar esta enfermedad en los habitantes de la Ciudad de México.

Determinar la modificación del grado de confort térmico de la población con obesidad de la Ciudad de México.

Para lograr los objetivos planteados anteriormente se integran variables tanto ambientales como sociales, para ello el presente texto se divide en cinco capítulos planteando cada uno cuatro ejes temáticos principales para su posterior integración y análisis: En el primer capítulo se plantean los principales conceptos acerca de la climatología urbana y se caracterizan las condiciones del clima en la Ciudad de México que por su localización, así como por su topografía generan un

interesante caso de estudio aunado a los cambios producidos por la actividad humana en dicho espacio; en el segundo capítulo se plantea el cambio climático como un fenómeno actual que produce cambios a distintas escalas tanto global como localmente , en este caso en las ciudades, se mencionan los principales cambios que traerá consigo el cambio climático en relación con el régimen de temperaturas a nivel global, nacional y en la Ciudad de México; en el tercer capítulo se da a conocer la relación entre el ambiente térmico y el ser humano y se plantean los distintos índices de confort térmico que existen para determinarlo; en el cuarto capítulo tomando como referencia lo planteado en los anteriores se señala la relación entre el cambio climático y la salud de la población en las ciudades en donde se relaciona con el problema de la obesidad y el aumento de las temperaturas a partir de los conceptos básicos sobre el balance térmico y de cómo un posible aumento de las temperaturas influye en el confort térmico de las personas .En el último capítulo se muestran los métodos utilizados para determinar el objetivo principal a partir de la aplicación del índice de confort térmico denominado Índice de Temperatura Fisiológica Equivalente (PET, por sus siglas en inglés), combinando variables tanto ambientales como características fisiológicas de la población principalmente el Índice de Masa Corporal (IMC).

CAPITULO 1. CLIMATOLOGIA URBANA, CIUDAD DE MÉXICO.

1.1. El clima y la ciudad

El clima ha significado en la vida del hombre, así como en el desarrollo de las civilizaciones un factor fundamental a tomar en cuenta, ya que forma parte tanto del desarrollo de actividades como de la satisfacción de necesidades a partir de la obtención de los recursos determinados por éste en una región dada, principalmente la vegetación y el tipo de suelo.

El clima se establece a partir de la observación, documentación y análisis de las condiciones meteorológicas de un lugar determinado por un periodo no menor a treinta años (recomendación de la Organización Meteorológica Mundial en 1935) (OMM, 2007), resultando así el estado medio atmosférico de una determinada zona.

La ciencia que se encarga del estudio del estado medio de la atmósfera, de sus variaciones periódicas y aperiódicas (fluctuaciones), para condiciones futuras generales o a largo plazo es la Climatología. Con el crecimiento y desarrollo de las ciudades, se ha generado la transformación del medio natural en sus múltiples aspectos, cambiando por completo las características propias de los ecosistemas preexistentes en el lugar, así el clima resulta uno de los factores más notorios que son modificados como consecuencia del proceso de urbanización y la realización de actividades propias de las ciudades. Por ello, a principios del siglo XIX nace la Climatología Urbana, ciencia que “tiene como objetivo de estudio principal el

conocimiento preciso de los mecanismos propios del clima urbano y la evaluación de la alteración climática causada por la ciudad”. (Moreno, 1999)

El nacimiento y desarrollo de la Climatología Urbana está relacionada al fenómeno de la isla de calor urbana ya que es a partir de principios del siglo XIX cuando se realizan las primeras investigaciones acerca del clima urbano, en 1818 el inglés Howard Luke publica un libro en el cual describe el clima de Londres, y en 1820 determina a partir de una tabla de temperaturas, que la ciudad presenta valores de mayor magnitud en comparación a las áreas rurales, lo cual atribuye a una mayor absorción de la radiación solar por las superficies verticales en las ciudades, el francés Emilien Renou hizo descubrimientos similares en Paris, durante la segunda mitad del mismo siglo (1855, 1862, 1868), y por su parte Whihelm Schmidt ya durante el siglo XX (1927) encontró condiciones similares en Vienna (Moreno, 1999).

Después de la segunda Guerra Mundial los estudios sobre el clima urbano se incrementaron notablemente debido al creciente proceso de industrialización y desarrollo de las áreas metropolitanas y urbanas sobre todo en Europa, Estados Unidos y Japón. En este periodo destacan las aportaciones hechas por los británicos Gordon Manley y Chandler. En 1958, Manley, relacionó la reducción de las precipitaciones de nieve en ciudades inglesas con el aumento de las temperaturas en las ciudades y acuñó por primera vez el termino *Isla de calor Urbana* (ICU). Chandler por su parte, en 1965 publica su obra sobre el clima de la

ciudad de Londres que representaría la primera determinación a detalle sobre una ciudad (Moreno, 1992).

Así como ha aumentado el número de ciudades en donde se estudia el fenómeno de la isla de calor, también han aumentado los resultados de investigación. En las últimas décadas destacan las aportaciones por parte del investigador Tim Oke acerca de este fenómeno: en 1976 escribe sobre la estructura del domo urbano y las bases energéticas de la ICU; en 1982 realiza un trabajo sobre las bases energéticas de la ICU y en trabajos posteriores describe la naturaleza de este fenómeno y discute sobre su estructura vertical en las zonas urbanas (Voogt y Oke, 1997; 1998), junto con Voogt publicó una investigación que se convirtió en referencia obligada en los trabajos sobre islas de calor urbanas, al evaluar el estado y la evolución de las investigaciones sobre el fenómeno de las islas térmicas tanto superficiales como atmosféricas (Voogt y Oke, 2003).

Con el desarrollo de éstas investigaciones en años recientes los estudios sobre el clima urbano y la ICU han adquirido relevancia debido a los crecientes impactos de la variabilidad y el cambio climático en los espacios urbanos (Córdova, 2012). Es así como la mitigación de la ICU en diversas ciudades toma importancia dentro de éste ámbito, en donde uno de los grupos de investigación que se destacan es el laboratorio de Berkeley en California los cuales se han especializado en propuestas de mitigación mediante la modificación de las propiedades físicas de techos y pavimentos; así mismo se ha desarrollado otra línea de estudio para el uso de vegetación en las ciudades incrementando la

cantidad de áreas verdes a partir de reforestación urbana con sistemas arbolados y/o azoteas verdes, ejemplo de ello son los realizados en Ciudades de nuestro país como Ciudad de México, Mexicali y Xalapa (Barradas, 1991; 2001, Ballinas, 2011; Villanueva, 2012).

A nivel mundial podemos observar que la mayoría de las investigaciones sobre el fenómeno de las islas térmicas urbanas, se han realizado en países como Estados Unidos, Canadá e Inglaterra, y en países de la comunidad europea como España, Francia y Portugal, entre otros. En el ámbito latinoamericano en ciudades de México, Brasil, Chile y Venezuela, y en ciudades de otros continentes como China, Vietnam e India.

De aquí que podemos percibir el gran interés de los los investigadores e instituciones en conocer, en general, la influencia del hombre en el medio ambiente; y en particular, las alteraciones o modificaciones antropogénicas de las ciudades entorno a elementos del medio natural, en este caso el clima.

1.2. El fenómeno de la isla de calor urbana

La transformación del entorno natural para dar paso a las grandes ciudades que conocemos hoy en día ha traído consigo cambios al ambiente, siendo el clima uno de los aspectos modificados. El clima de las ciudades se puede describir como un fenómeno local, el cual es el resultado de la interacción de las capas bajas atmosféricas con las superficies urbanas recubiertas por materiales artificiales e

impermeables (concreto, asfalto, piedra, materiales metálicos, vidrio, cerámicos, etc.) asociadas a los elementos típicos de la infraestructura urbana y que sustituyen a la vegetación y al paisaje natural (Córdova, 2012). Esta interacción trae consigo la ocurrencia de fenómenos tales como la Isla de Calor Urbana (ICU).

El fenómeno de la ICU que, como vimos ha sido un tema recurrente para el estudio en muchas ciudades alrededor del mundo se presenta cuando la temperatura de un lugar es mayor a la de sus alrededores, y por lo general estas áreas cuentan con un mayor grado de urbanización respecto a los que lo circundan. Pero ¿Por qué en las ciudades se experimenta este aumento de la temperatura? Las causas de este fenómeno se atribuyen principalmente a las características propias de las ciudades, por lo que es necesario conocer de qué forma se da la interacción entre el área urbana y la atmósfera baja, ya que el balance entre los flujos de energía de entrada y salida son diferentes entre las áreas urbanas y las naturales, o con menor grado de urbanización debido a diferencias en la cubierta superficial y el grado de actividad humana, las cuales afectan el intercambio de energía.

1.2.2. El balance de energía

El balance de energía de la superficie es el proceso físico que determina los flujos superficiales de temperatura y humedad, los cuales son causados por el intercambio de energía dados entre la superficie y la capa límite (que empieza desde el nivel de la azotea de edificios y copa de los árboles y se extiende hasta el punto donde el paisaje urbano ya no influye en la atmósfera, aproximadamente no mayor a 1.5 km sobre la superficie). Como se mencionó anteriormente el balance de energía no será el mismo en una superficie rural y en una urbana, para una superficie rural se puede representar con la siguiente expresión (Oke, 1987):

$$Q_N = Q_H + Q_E + Q_S + Q_{AD}$$

En donde Q_N es la radiación neta, Q_H es el flujo de calor sensible, Q_E es el flujo de calor latente, Q_S el almacén de energía en las superficies y Q_{AD} es el transporte horizontal de energía o advección. Durante el día la radiación neta (Q_N) se reparte de la siguiente forma: calentando el aire (Q_H), evaporando las superficies húmedas (Q_E) y almacenándose en las superficies y el transporte horizontal de energía o advección (Q_{AD}) que es significativo en los bordes.

El balance de energía para las superficies urbanas es más complejo debido a que en el intervienen más factores dependiendo el grado de transformación y actividades humanas que se realicen en ella, éste balance se expresa de la siguiente forma (Oke, 1987):

$$Q_N + Q_A = Q_H + Q_E + Q_S + Q_{AD}$$

Esta relación difiere de la observada en un área natural principalmente en dos términos: la energía dada por la actividad humana o antropogénica (Q_A) que se suma a Q_N , y el almacenaje de energía que se refiere a aquella energía almacenada en el tejido urbano Q_S . Estos términos de las ecuaciones anteriores determinan la intensidad del fenómeno de la ICU, en relación con las características de las áreas urbanas, y los elementos urbanos que modifican el balance de energía generando una redistribución, presentando entonces un comportamiento diferente al de las áreas naturales o con menor grado de alteración. Las causas de este fenómeno se atribuyen principalmente a las propiedades térmicas de los materiales que constituyen a las ciudades así como a la falta de superficies evaporantes.

La interacción de la capa límite atmosférica con la superficie urbana se da de la siguiente forma:

La radiación neta, es la suma de radiación de onda corta (radiación solar directa, Q ; y difusa, q), y la que se refleja (función del albedo, α) y la radiación neta de onda larga (radiación terrestre $I\uparrow$ y radiación atmosférica, $I\downarrow$), dando la relación: $Q_N = (Q + q)(1 - \alpha) + (I\downarrow - I\uparrow)$. Durante el día, parte de la radiación neta es absorbida por los componentes de la superficie urbana que por su capacidad térmica, conductividad calorífica y su bajo porcentaje de reflexión (albedo) almacenan por más tiempo la energía, aumentando la temperatura del área principalmente en las horas nocturnas. Así mismo la geometría urbana hace que, de acuerdo a la distribución de las edificaciones y la densidad de éstas, la

radiación solar sufra múltiples reflexiones en las fachadas, tejados y en el suelo, quedando atrapada en las calles (EPA, 2008).

La actividad antropogénica Q_A es otro factor que influye en la aparición de la ICU, está referida al calor producido por las actividades humanas, proviene de diferentes fuentes (industrias, máquinas de combustión interna, calefacción, aire acondicionado, etc.) y se estima a partir del total de energía usada para enfriamiento, calentamiento, transportación y procesos industriales (EPA, 2008), en algunas ciudades está dado por temporadas ya sea invierno o verano con el incremento de este aporte por el uso de sistemas de calentamiento o enfriamiento según sea el caso.

El flujo de calor latente (Q_E) se da a través de la evapotranspiración, las superficies urbanas retienen la humedad y la falta de coberturas evapotranspirantes hace que la disminución de humedad en el aire lo vuelva más seco y por lo tanto más caliente aumentando la temperatura.

El flujo de calor sensible (Q_H) está dado por la convección que se establece cuando el aire es calentado por la superficie del suelo y se eleva debido a que su densidad es menor que el aire de sus alrededores, efecto conocido como caldeamiento del aire. El transporte horizontal de energía o advección (Q_{AD}) que es el transporte de alguna propiedad de la atmósfera como calor, humedad, polvo, contaminación por el viento, como se mencionó anteriormente, solo afecta en el borde del sistema o cuando las superficies vecinas tienen cambios drásticos en su

geometría o constitución de elementos (en una gran área verde y a su alrededor un área altamente urbanizada).

1.3. Evolución del fenómeno de la ICU en la Ciudad de México

Los antecedentes de estudios realizados de la ICU en la Ciudad de México se sitúan a finales del siglo XIX. En 1899 Manuel Moreno y Anda con su publicación “Una comparación entre los climas de México y Tacubaya” determina los contrastes térmicos dados por este fenómeno entre un sitio rural y otro urbano entre 1895 y 1896, en el que el área urbana comprendía una superficie de 16 km² y contaba con una población de 400,000 habitantes, además de que en la ciudad se encontraban las más importantes fábricas tabacaleras, de papel y de aceite.

El contraste entre las dos estaciones seleccionadas, una en un área rural y otra en el área urbana, se determinó a partir de las observaciones realizadas durante dos años, calculando los contrastes térmicos medios mensuales para tres horas del día (7, 14 y 21 horas) y su evolución a través del año. Moreno y Anda concluye que el contraste térmico ciudad/campo era de entonces 1.4 °C (Jáuregui, 1993). Para el año 1981, Jáuregui determina que la isla de calor para el mes de noviembre presenta un contraste ciudad/campo de 9 °C, siendo ya el área urbana de 1000 km², apreciándose dos islas de calor separados por aire fresco resultado de la evapotranspiración del Bosque de Chapultepec.

Así mismo otro referente para identificar el aumento de temperatura en la Ciudad de México es la investigación realizada por Rosalia Vidal (2001) “Climatología de los inviernos de México”, en donde a partir de los promedios de temperatura

media del periodo 1877-1999 (Fig.1)para la estación meteorológica del Observatorio de Tacubaya se observa una tendencia de calentamiento en los inviernos recientes considerándose como “históricos” los inviernos fríos pues no se presenta ninguno durante un periodo de 45 años, y se destaca la presencia ininterrumpida de inviernos templados en la ultima década; concluyendo que antes del siglo XIX y primera mitad del siglo XX los inviernos fríos eran frecuentes y denotan una ausencia desde el principio de la década de los 50’; señalando que esa *variación de la temperatura de los inviernos en la ciudad de México coincide con la tendencia general de calentamiento: los 1970s fueron mas calientes que los 1960s; los 1980s más calientes que los 1970s y los 90s han sido aun más cálidos.*(Vidal, 2001).

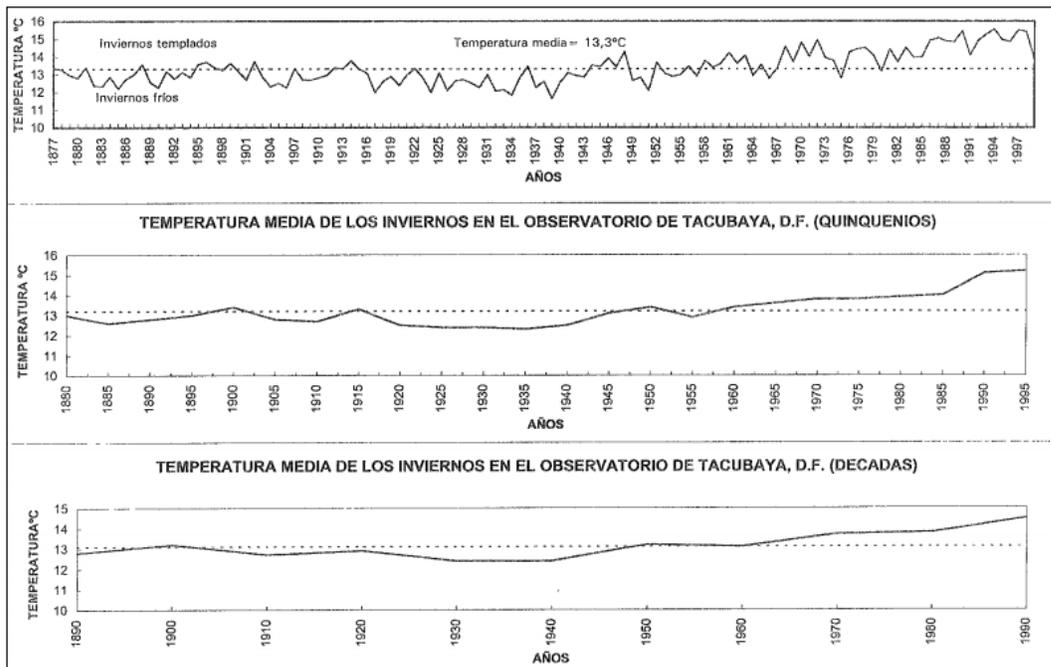


Figura 1. Temperatura media de los inviernos en el observatorio de Tacubaya D. F., 1877-1999.(Vidal, 2001)

Como se ve este fenómeno, su intensidad así como sus transformaciones a lo largo del tiempo están relacionadas con la distribución, crecimiento y densidad de la población que habita en una ciudad determinada, es por ello que la población es un elemento importante en el estudio de este fenómeno. Desde los primeros estudios, la Isla de Calor de la Ciudad de México se encontraba sobre el área correspondiente al centro histórico de la ciudad la cual se caracterizaba por contar con fabricas tabacaleras, de papel y de aceite, ya para el año 2000 y años más recientes, la presencia de este fenómeno se observa hacia el norte de la ciudad en municipios del Estado de México, que puede explicarse con el crecimiento y desarrollo de la Ciudad de México y su área conurbada.

Una de las formas de determinar la existencia del fenómeno de la ICU, así como su evolución, es comparar los registros de temperatura de dos estaciones meteorológicas: una rural y otra urbana. Para determinar la evolución de la ICU en la Ciudad de México se puede tomar como ejemplo rural la estación meteorológica de Ciudad Universitaria del Observatorio Meteorológico del Colegio de Geografía, UNAM ubicada al sur de la Ciudad de México; y como urbana a la estación La Merced de la Red Meteorológica del Gobierno del Distrito Federal ubicada en la zona centro de la ciudad, de acuerdo a la disponibilidad de datos de temperatura promedio anual se tomó en cuenta el periodo 1986-2009, (Fig. 2).

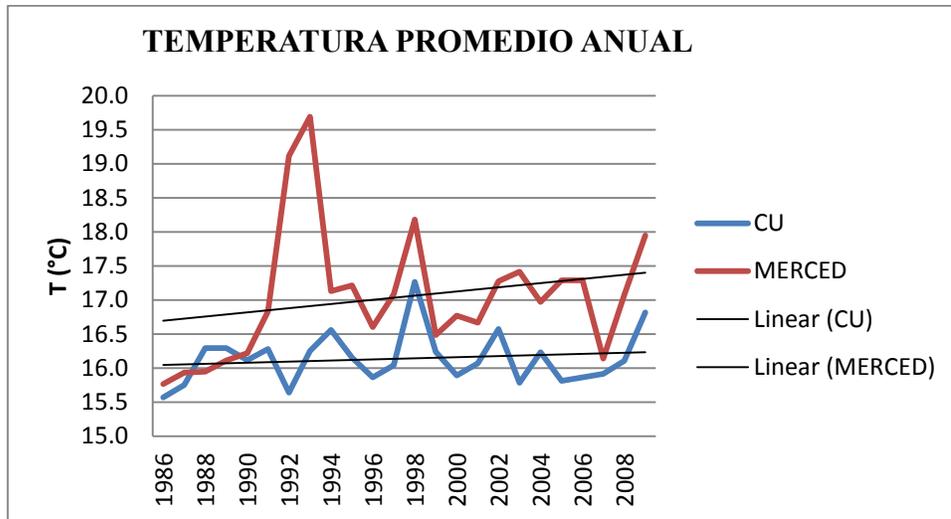


Figura 2. Distribución y tendencia de la temperatura del aire (T) de la estación La Merced (área urbana) y Ciudad Universitaria (área rural) de 1986 a 2009.

Se puede observar que en los dos sitios hay un aumento de la temperatura a partir del año 1990 siendo la estación La Merced la que presenta un mayor aumento significativo, esta zona, ubicada en el centro de la Ciudad de México dentro de la Delegación Venustiano Carranza se caracteriza por su gran actividad comercial que se desarrolló desde épocas prehispánicas y coloniales debido a su ubicación, aunado al alto grado de transformación dado por el proceso de urbanización y la falta de áreas verdes en la zona reúne las características necesarias para generar el aumento de la temperatura; a diferencia de la estación Ciudad Universitaria ubicada en la delegación Coyoacán al sur del Distrito Federal que no se considera como rural, pero en ella existe una gran cantidad de áreas verdes lo que genera ese contraste y diferencia en las temperaturas al comparar los datos arrojados por cada estación meteorológica existe una diferencia de temperatura lo cual señala la existencia del fenómeno de la ICU.

1.4. El clima de la Ciudad de México

La Ciudad de México está situada en la región central de la República Mexicana, en la cuenca de México dentro de la zona intertropical a los 9° 26' N y los 99° 08' O del meridiano de Greenwich y una altitud promedio de 2,240 m snm. Por su ubicación, el clima de la Ciudad de México presenta características peculiares: Debido a que se encuentra en la zona intertropical, recibe una alta insolación durante todo el año, lo cual induce que la temperatura ambiente sea alta, pero esta condición se ve modificada por la altitud y el relieve (SEMARNAT, 2005). La Ciudad de México cuenta con diferentes tipos de clima, los cuales tienen las siguientes características (Fig. 2):

Clima templado subhúmedo con lluvias en verano: se distribuye del norte hacia el noroeste, centro, centro-sur y este de la ciudad, dicha zona presenta una altitud que va de 2,250 m en la Delegación Iztapalapa a 2,900 m snm en la Sierra de Guadalupe y en las laderas septentrionales de la Sierra Ajusco Chichinautzin. La temperatura media anual varía de 12 °C en las partes más altas a 18 °C en las de menor altitud, la precipitación total anual va de 600 a 1,000 mm y el periodo en el que se concentra la lluvia es en el verano.



Figura 3 Distribución climática del Distrito Federal; el 57% del territorio de esta entidad presenta un clima templado, 33% climas semifríos y 10% semisecos

(<http://www.inegi.org.mx> fecha de apoyo 12 de abril de 2013)

Clima templado subhúmedo con lluvias en verano: se distribuye del norte hacia el noroeste, centro, centro-sur y este de la ciudad, dicha zona presenta una altitud que va de 2,250 m en la Delegación Iztapalapa a 2,900 m snm en la Sierra de Guadalupe y en las laderas septentrionales de la Sierra Ajusco Chichinautzin. La temperatura media anual varía de 12 °C en las partes más altas a 18 °C en las

de menor altitud, la precipitación total anual va de 600 a 1,000 mm y el periodo en el que se concentra la lluvia es en el verano.

Clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano: se distribuye en el borde sur de la zona descrita anteriormente, formando una franja orientada NW-SE, comprende las áreas de mayor altitud las cuales son mayores a los 3 000 m snm en las sierras de las Cruces y Ajusco-Chichinautzin; presenta una temperatura media anual que llega a los 12 °C en las áreas de menor altitud y de 5 °C en las cimas de las sierras con una precipitación total anual que va de 100 a 1,500 mm.

Clima semifrío húmedo con lluvias abundantes en verano. Este clima se encuentra en las áreas cercanas a los límites suroeste y sur del Distrito Federal, en las vertientes occidental y sur de los cerros La Cruz del Márquez (Ajusco) y Pelado, y el Volcán Chichinautzin. Tiene una temperatura media anual de 12 °C en las partes de menor altitud y 5 °C en las partes altas o cimas, igual que el clima semifrío subhúmedo, pero este tipo de clima varía en cuanto a la precipitación al ser ésta de 1200 a más de 1500 mm.

Clima semiseco templado con lluvias en verano. El área con el clima más seco de la ciudad se encuentra en los alrededores y al norte del aeropuerto internacional de la Ciudad de México, tiene como características distintivas un intervalo de temperatura media anual de 14 a 18 °C y una precipitación total anual de 500 a 600 mm.

CAPITULO 2. CAMBIO CLIMATICO GLOBAL Y URBANO

2.1. Conceptos y generalidades

El clima puede ser definido como el estado promedio de la atmósfera durante un periodo generalmente comprendido por 30 años, así mismo, se puede entender como un sistema en donde todos sus elementos se interrelacionan mediante un constante intercambio de energía, este sistema está formado por la atmósfera, hidrosfera, criosfera, litosfera y biosfera, así como una serie de factores complementarios como la radiación solar, la rotación de la Tierra y su movimiento alrededor del Sol, las corrientes oceánicas, etc.; y es considerado como un sistema caótico ya que tiene inestabilidades inherentes, interacciones no-lineales entre sus componentes y presenta oscilaciones en torno a ciertos estados de equilibrio (Bolin, 1994;citado en Conde y Palma, 2007).

Entender el sistema climático y su funcionamiento es fundamental para comprender a su vez el llamado “cambio climático”, este tema tan recurrente en la actualidad vio su nacimiento a principios del siglo XX cuando los científicos dedicados al estudio de las transiciones climáticas comenzaron a enfocar sus investigaciones en la variabilidad climática tanto natural como inducida por el hombre en sus diferentes escalas (global, regional y local); y así mismo, como resultado de estos estudios se descubrió el riesgo producido a escala global por el aumento de los gases de efecto invernadero a partir de las actividades humanas, a principios de la década de los setenta el término “*global warming*” tuvo su aparición en un artículo de la revista *Science*.

Las investigaciones sobre este tema fueron aumentando y popularizándose en diversos países, por lo que un gran avance se dio cuando en 1988 se conformó el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), el cual tiene como objetivo analizar la información científica, técnica y socioeconómica que sea relevante para entender los elementos científicos del riesgo ante el cambio climático provocado por las actividades humanas, sus posibles repercusiones y las posibilidades de adaptación y atenuación del mismo, produciendo su primer informe en 1990.

El tema del cambio climático es cada vez más recurrente, como vimos anteriormente no solo en ámbitos de investigación científica, actualmente la difusión de la información es cada vez más periódica en medios de comunicación de diversa índole tanto escritos como audiovisuales o electrónicos. Existen diversas definiciones acerca del cambio climático global: El IPCC lo define como: “cualquier variación en el clima a través del tiempo, tanto por razones naturales como actividades humanas” (IPCC, 2007).

La Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas (CMCC) en su artículo 1, define al cambio climático como: “el cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos comparables”.

El clima varía en diferentes escalas temporales, desde fluctuaciones interanuales hasta variaciones en escalas de millones de años. Existe un conjunto

de mecanismos generadores de cambio climático que pueden dividirse en internos y externos, los cuales operan en distintas frecuencias y afectan de manera distinta al sistema climático terrestre (Bredley, 1999)

Los factores externos son también llamados forzamientos los cuales actúan de manera sistemática y paulatina sobre el clima de la Tierra; la variación en radiación solar, los cambios en la órbita terrestre y el impacto de un meteorito son parte de estos factores.

Los factores internos son considerados como caóticos y no sistemáticos ya que pueden provocar cambios en el clima en un corto periodo de tiempo, entre estos se encuentran la deriva continental (es un proceso muy lento pero el acomodo de los continentes define el comportamiento del clima), las corrientes oceánicas, la composición de la atmósfera, el campo magnético terrestre, las erupciones volcánicas y los efectos antropogénicos.

Hoy en día los términos de “Cambio climático” y “Calentamiento global” son comúnmente utilizados en investigaciones científicas de diversa índole así como en medios masivos de comunicación. Un elemento importante a señalar es la diferencia entre estos dos términos ya que están asociados pero no se refieren a lo mismo, el término cambio climático como vimos está referido a la variación climática dada de manera natural así como las causadas o inducidas por el ser humano en diferentes escalas, en cambio el término calentamiento global está referido al aumento de las temperaturas a nivel global atribuido al aumento de la producción de gases de efecto invernadero y/o existen nuevas corrientes de

investigación en las cuales se estudia la relación entre el aumento de las temperaturas con la actividad solar.

2.1.2. Efecto invernadero

El hombre significa un elemento importante en el tema del cambio climático, las alteraciones producidas debido al cambio de uso de suelo, la deforestación, así como la producción de gases de efecto invernadero debido a la utilización de combustibles fósiles a partir de la Revolución Industrial han generado un cambio en los regímenes climáticos, ya que existen evidencias claras que relacionan esta emisión de gases a la atmósfera durante el siglo XX con un incremento medio de la temperatura global de 0.6 °C

Cuando hablamos de calentamiento global y cambio climático se debe relacionar un tercer concepto para poder entenderlos: el efecto invernadero, el cual es responsable de que la atmósfera cuente con una temperatura aceptable para la vida (15 °C); y es que este efecto se da de forma natural, pero el hombre con su gran capacidad transformadora ha influido en él. La atmósfera se formó hace 3,600 millones de años y desde entonces cumple con tres acciones importantes para la Tierra, como filtro, como escudo y como abrigo, los gases que conforman la atmósfera la envuelven realizando estas tres funciones.

- La atmósfera está compuesta en un 99% por dos gases: el Oxígeno (O₂) en un 21% y el Nitrógeno (N₂) con un 78%, los Gases de Efecto Invernadero (GEI) se encuentran dentro del 1% restante, de los cuáles los más importantes son el vapor de agua (H₂O) y el bióxido de carbono (CO₂), existen otros llamados gases

traza que reciben ese nombre debido a que se encuentran en pequeñas cantidades en la atmósfera como el CH₄ (Metano), NO_x (Óxidos de Nitrógeno), Clorofluorocarbonos (CFC₁₃), etc. (Martínez, J. y A. Fernández, 2004)

Los gases llamados de efecto invernadero o GEI son responsables de forma natural del balance térmico de la atmósfera manteniendo su temperatura promedio en 15 °C, la radiación proveniente del Sol se distribuye gracias a circulaciones oceánicas y atmosféricas en diversas áreas de la Tierra debido a procesos de compensación térmica, una parte de ésta se re-irradia en radiación de onda larga para ser remitida al espacio y así mantener el balance de entrada y salida de energía, pero los GEI interfieren en la ruta de energía calórica que intenta escapar hacia el espacio. El informe 2007 del IPCC, señalan que las emisiones mundiales de GEI por efecto de actividades humanas han aumentado, desde la era preindustrial, en un 70 % entre 1970 y 2004 (IPCC, 2007).

Existen diversos métodos a través de los cuales se pueden estudiar las evidencias del cambio climático. Los datos disponibles a partir de estaciones meteorológicas iniciaron apenas hace 150 años y conforman solo una pequeñísima parte en comparación con la edad de la Tierra; para estudiar la variación climática en escalas de tiempo geológicas, los investigadores han recurrido a diversos métodos entre los cuales se encuentra el estudio de los anillos de algunas especies de árboles, el aire atrapado en el hielo de los glaciares o la estructura de sedimentos, perforaciones de hasta 1,000 m de profundidad, por mencionar

algunos, los cuales permiten conocer mediante indicadores físicos y biofísicos la caracterización climática de un determinado lugar. Actualmente y para periodos de tiempo recientes, el cambio climático se comprueba principalmente a partir de series de tiempo en donde se muestra la evolución de la temperatura y precipitación en periodos de corto tiempo, comparando estas series y añadiéndoles los datos calculados de tiempos geológicos, se puede observar un patrón diferente en la conducta de la variación climática en un periodo de tiempo muy corto.

Así mismo, también existen investigaciones destinadas a conocer cómo será el clima en el futuro, conocidos como escenarios climáticos, los cuales son un conjunto de hipótesis de trabajo sobre cómo puede evolucionar la sociedad y qué significará dicha evolución para el clima, para su realización se toman en cuenta escenarios de emisiones de GEI (Conde y Gay, 2008). De igual forma las proyecciones climáticas son indispensables para el conocimiento analítico del cambio climático, las cuales están basadas en los modelos de circulación general acoplados océano atmósfera (AOGCM, por sus siglas en inglés)

2.2. Cambio climático urbano

En un inicio los estudios realizados para entender el cambio climático estaban referidos a una escala global. Actualmente existen diversos métodos desarrollados para poder descubrir los efectos del cambio climático a escalas regionales e incluso locales, es por ello que, para caracterizar bien este fenómeno es necesario

estudiar en primer lugar los efectos sobre la temperatura a nivel global, en segundo plano en el territorio mexicano y por último para la Ciudad de México.

En sus inicios el estudio del cambio climático a nivel global presentó diferentes problemáticas ya que las observaciones instrumentales y datos disponibles para cada continente contaban con una distinta temporalidad y en algunos casos eran muy recientes o no existían para ciertos lugares, por lo que el estudio del clima en tiempos pasados se llevó a cabo con la ayuda de paleorregistros, los cuales han demostrado que el clima en la Tierra a lo largo del tiempo no puede ser considerado como estable pero que en tiempos recientes se han presentado variaciones como los cambios en el régimen de precipitación, aumento de la temperatura de la superficie terrestre así como de la temperatura de los océanos en un periodo corto de tiempo; por lo que los resultados de estos estudios nos indican que el cambio climático siempre ha existido pero así mismo en las últimas décadas la tendencia climática natural ha sido alterada principalmente por la actividad humana debido a la emisión de GEI, cuyo resultado se ve reflejado en el aumento de la temperatura del aire y de los océanos. En la figura 3 se presenta el comportamiento de las anomalías de la temperatura media global en la superficie terrestre y oceánica, donde se observa que el aumento de la temperatura se ha dado a partir de las primeras décadas del siglo XX, los científicos relacionan este incremento de la temperatura al aumento de emisiones de GEI con la revolución industrial.

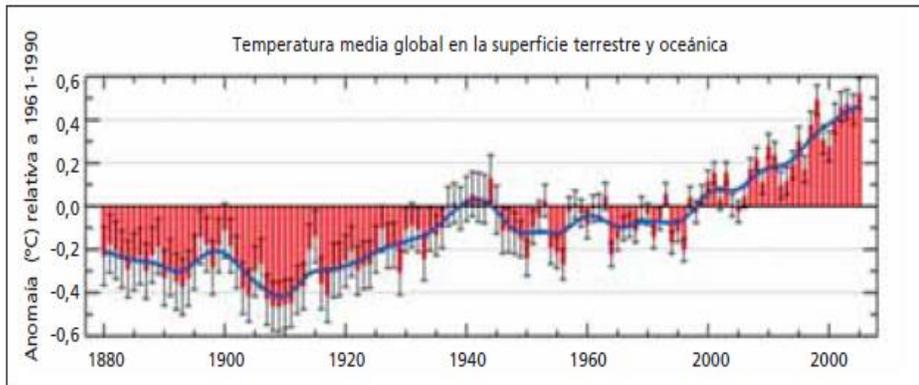


Figura 4 Comportamiento de las anomalías de la temperatura a través del tiempo
 Fuente: NOAA, USA, en Duarte (2006).

Según los escenarios basados en las emisiones de GEI el incremento en los niveles atmosféricos de CO₂ y otros, se espera que la temperatura media superficial a nivel global aumente como consecuencia del incremento de los niveles de concentración atmosférica de CO₂ y otros GEI. Se espera que la temperatura media superficial a nivel global aumente entre 1.4 y 5.8 °C de 1990 al 2100. Este incremento no solo sería entre dos y 10 veces superior al observado en los últimos 100 años (0.6 °C), sino que, además, no tiene precedente en los mil años anteriores y se pronostica que ocurrirá a un ritmo significativamente más rápido que los cambios observados en los últimos 10 mil años (Duarte, 2006)

2.2.1 El cambio climático en México

De acuerdo con datos de la Tercera Comunicación Nacional presentada por México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio

Climático, y el Inventario Nacional de Emisiones 1990-2002, nuestro país contribuye con cerca del 1.5% de las emisiones mundiales de GEI.

Los efectos del cambio climático varían de forma regional y las modificaciones previstas en cuanto a la temperatura consideran que en latitudes mayores se presentará un mayor aumento al del promedio global, para México los impactos del cambio climático están determinados principalmente con su situación geográfica, en donde los cambios más representativos estarán asociados a los fenómenos de tipo hidrometeorológico, al ubicarse en una zona intertropical de convergencia (ITCZ por sus siglas en inglés) y al estar su territorio bordeado por el océano Pacífico y el Golfo de México. Se ha pronosticado “el aumento de temperatura de la superficie del mar en el Caribe, en el Golfo de México y en el Pacífico mexicano entre 1 y 2 °C” (SEMARNAT, 2006), lo cual se verá reflejado en una mayor ocurrencia de ciclones tropicales que pueden presentar mayor intensidad debido al aumento de la temperatura en los océanos. De forma contraria al norte del país, los efectos previstos serán sequías, cambios en los patrones de lluvias y fenómenos de desertificación entre otros. (EuropeAid, 2009)

Dentro del territorio nacional los efectos del cambio climático variarán según la región como lo podemos observar en el siguiente cuadro (INECC, 2013)

Tabla 1 Relación del tipo de amenaza por región y entidad federativa debido al cambio climático

Evento/Zona	Norte	Centro	Costa del Pacifico	Sureste
Inundaciones	Aguascalientes, Baja California, Durango y Sinaloa	Distrito Federal	Jalisco, Michoacán, Nayarit, Guerrero y Oaxaca.	Chiapas, Tabasco y Veracruz
Sequía meteorológica	Aguascalientes, Baja California, Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, Sinaloa, Sonora y Tamaulipas	Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Morelos, Puebla, Querétaro, Tlaxcala y Zacatecas	Colima, Jalisco, Michoacán y Oaxaca	Campeche, Veracruz y Yucatán
Olas de calor	Aguascalientes, Chihuahua y Sonora	Distrito Federal		
Olas de frío y heladas	Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León y Sonora	Estado de México, Guanajuato, Puebla, San Luis Potosí, Tlaxcala y Zacatecas		
Eventos extremos de precipitación	Baja California Sur y Nuevo León	Estado de México, Puebla y San Luis Potosí	Guerrero	Chiapas, Quintana Roo, Veracruz y Yucatán.
Huracanes	Baja California Sur y Tamaulipas		Colima, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nayarit y Oaxaca	Campeche, Chiapas, Tabasco, Quintana Roo, Veracruz y Yucatán
Incendios forestales			Guerrero, Jalisco y Oaxaca	Chiapas
Aumento del nivel del mar				Tabasco y Yucatán

De acuerdo al cuadro anterior podemos observar que para el país los eventos generados de tipo hidrometeorológico son los que afectarán a un mayor número de estados, así mismo los eventos relacionados con el aumento (olas de calor) o disminución de la temperatura (olas de frío) afectarán principalmente en la zona centro y norte respectivamente.

Los expertos han previsto que la temperatura promedio de México en el año 2020 podría ser entre 1.5 y 2.5 °C mayor que la actual y llegaría hasta los 2 y 4 °C para el año 2080, con variaciones regionales: la región noreste sería la que registre los mayores incrementos en la temperatura (de 3 a 4 °C) reduciéndose ligeramente hacia el sureste (SEMARNAT, 2009).

2.2.2. Cambio climático y Ciudad de México

A escala local las ciudades son áreas donde se han concentrado como resultado de la actividad humana diversos procesos de transformación a lo largo del tiempo, éstas acciones como el cambio de uso de suelo, la deforestación, la producción de grandes cantidades de basura, sobreexplotación de recursos naturales, así como la gran cantidad de emisiones de GEI entre otros, forman parte de los factores internos a escala local que conducen al cambio climático global. Se estima que las ciudades a nivel mundial producen entre el 40 y 70% de las emisiones de GEI antropogénicas (Fernández, 2009) y según el inventario Nacional de GEI del total nacional, la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) aporta el 6.7%. Las principales fuentes de emisión de GEI de las zonas urbanas están relacionadas con el consumo de combustibles fósiles, que incluyen

el suministro de energía para la producción eléctrica (principalmente del carbón, el gas y el petróleo), transporte, uso de la energía en locales comerciales y residenciales para la electricidad, la calefacción, la refrigeración y para cocinar, la producción industrial y residuos (Fernández, 2009)

Los efectos del cambio climático para la Ciudad de México observados en el cuadro 1 señalan que la principal amenaza está relacionada con el aumento de las temperaturas, la ocurrencia de olas de calor e inundaciones; respecto al aumento de las temperaturas el Centro Virtual de Cambio Climático de la Ciudad de México (CVCCCM) (2012) las proyecciones a corto plazo (2020) señalan un incremento de la temperatura media en un rango de 0.5°C a 1.25° C para los meses más fríos, con un ligero gradiente del incremento de noreste a sudoeste de la Ciudad , y de 1.25° C a 2° C a largo plazo (2020). Para los meses más cálidos podría ser un rango de 1.25° C a 1.5° C a corto plazo y hasta 2.25° C a largo plazo, siendo mayores al norte de la Ciudad de México (GDF; 2014), por su parte las ondas de calor se podrán presentar cuando la temperatura máxima rebasa los 30° C por dos días consecutivos Jáuregui (2000). Según el estudio realizado por el INE por estado y sector, para el Distrito Federal los sectores que se verán afectados serán el agua, los centros urbanos y la vegetación; se prevé que la situación será crítica por la presión del vital líquido para el año 2025 ya que actualmente los acuíferos se encuentran en sobreexplotación por la alta demanda de la población que habita el valle de México; en los centros urbanos el crecimiento y el número de habitantes de la ciudad van a ser determinantes para el grado de transformación así como para la cantidad de emisiones de GEI.

El cambio climático experimentado al interior de la ciudad puede provocar como principal consecuencia modificaciones importantes en las temperaturas máximas y mínimas y un cambio en el régimen de precipitaciones, lo que a su vez genera consecuencias sobre la salud pública, seguridad y aumento de riesgos naturales. Un incremento de las temperaturas urbanas, asociado a valores más elevados de carácter global y a islas de calor más extensas, persistentes o de mayor magnitud, acentuaría las diferencias entre los diversos sectores sociales de la ciudad por lo que es necesario que los tomadores de decisiones den prioridad a este tipo de problemáticas actuales.

CAPÍTULO 3. CONFORT TÉRMICO

3.1. Conceptos y generalidades

El confort es entendido como un estado de bienestar consecuencia de un cierto equilibrio entre el hombre y su medio, entre las condiciones fisiológicas y ambientales del individuo, por lo que la percepción del entorno es el elemento primordial para que un individuo pueda sentirse o no en un estado de confort, y según el canal de percepción sensorial que se ocupa se divide en los siguientes tipos:

- △ confort térmico
- △ confort lumínico
- △ confort olfativo
- △ confort psicológico

Como se mencionó anteriormente la Climatología Urbana estudia los cambios en el clima producto de la acción del hombre por las ciudades, así mismo, es importante conocer de qué forma el clima afecta de manera tanto directa como indirecta a los organismos que viven en un determinado lugar, esto se realiza a través de la Bioclimatología, que es la ciencia que se encarga de estudiar el efecto del clima sobre los organismos vivos, y entre uno de sus principales objetivos está el de determinar la influencia de la atmósfera y sus fluctuaciones en el bienestar térmico del hombre, en “relacionar el concepto de bienestar climático con fenómenos fisiopatológicos y en aprovechar sus efectos beneficioso para la salud

humana” (Valera, 2002); y específicamente es la bioclimatología humana la que, como su nombre lo dice, estudia los efectos del clima sobre el ser humano, uno de sus principales objetos de estudio es el confort térmico ya que a lo largo del tiempo el ser humano siempre ha buscado lograr un estado de confort en todos los aspectos de su vida diaria.

El Confort térmico se puede definir como “un estado de equilibrio resultante del balance de cargas térmicas que se intercambian entre el cuerpo humano y su ambiente inmediato, debido al proceso químico del metabolismo y al proceso fisiológico de termorregulación en respuesta a los elementos externos del clima”. (Critchfield, 1974, citado en Gómez y Bojórquez, 2007)

El confort térmico va a estar determinado por una serie de factores y parámetros; de acuerdo con la información del cuadro siguiente, los factores que determinan el confort térmico serán aquellas variables dadas por las condiciones climáticas del lugar (Factores ambientales)tales como la temperatura del aire, la temperatura radiante, humedad relativa y velocidad del viento; así como pr las características de la persona (Factores personales), los cuales se dividen en Fisiológicos y contributivos que dependerán del sexo, la edad, el peso, nivel de actividad, estado de salud y Socioculturales y Psicológicos como la vestimenta, expectativa de confort y contacto visual con el exterior.

Los parámetros son aquellos elementos tomados a partir de las características físicas del lugar en donde se encuentre la persona, pueden ser ambientales (temperatura radiante, temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del

viento) y/o arquitectónicos (Movilidad de ocupantes dentro del espacio y la modificación de elementos y dispositivos de control ambiental).(Tabla 2)

Tabla 2 Factores y variables que determinan el confort térmico humano

FACTORES	Ambientales	Exteriores	Temperatura del aire
			Temperatura Radiante
			Humedad Relativa
			Rapidez del viento
	Personales	Fisiológicos y Contributivos	Sexo
			Edad
			Peso
			Tasa de Metabolismo Basal (nivel de actividad)
			Estado de salud
			Intercambio de calor por ingestión de bebidas y alimentos
		Socioculturales y Psicológicos	Tipo de vestimenta
			Expectativas de Confort
			Contacto visual con el exterior
PARÁMETROS	Ambientales	Interiores	Temperatura del Aire
			Temperatura Radiante
			Humedad Relativa
			Rapidez del viento
	Arquitectónicos	Adaptabilidad del Espacio	Movilidad de Ocupantes dentro del espacio
			Modificación de Elementos y Dispositivos de control ambiental.

El estudio del confort térmico es un tema reciente, aunque ha estado presente en la vida del ser humano a lo largo del desarrollo de las civilizaciones, ya que el bienestar y adaptación a las condiciones del medio dependiendo el lugar en que habite el individuo es primordial por el simple hecho de sobrevivir. Es por ello, que el hombre siempre ha buscado la forma de llegar a un grado de confort ambiental, siendo el térmico uno de los más importantes, utilizando para ello herramientas o elementos del entorno para alcanzar ese confort. Esto se puede apreciar en la forma de vestir o las características de las viviendas, las cuales han ido evolucionando y modificándose según las necesidades y actividades que realice el individuo en un lugar determinado.

Los primeros estudios relacionados con el bienestar climático se iniciaron a finales del siglo XIX con el fin de establecer los criterios adecuados para el trabajo en las industrias mineras y textiles, en las que se producían frecuentes accidentes y enfermedades a consecuencia del calor y la humedad. El estudio del confort térmico para la población comienza a realizarse en el diseño de edificios destinados a la práctica de actividades o como lugar de habitación, ya que es concebida la idea de que el ser humano lleva a cabo sus actividades de una forma más eficiente tanto física como intelectualmente, si las realiza en un entorno con un confort adecuado.

El objetivo final de las investigaciones en el campo bioclimático es el de cuantificar las sensaciones térmicas y establecer escalas que permitan determinar

las respuestas de las personas ante unas condiciones climáticas específicas para lo cual se han propuesto la utilización de diversos índices de confort térmico.

3.2. Índices de confort térmico

Un índice de confort térmico combina varios factores en una variable sencilla, la cual concentra sus efectos simultáneos en las respuestas sensoriales y fisiológicas del cuerpo (GIVONI, 1976, ASHRAE 2001). Diversos autores han propuesto diferentes modelos como por ejemplo: Yaglou y Minrad (1957) propusieron el índice de Temperatura de Globo de Bulbo Húmedo (WGBT), Vernon y colaboradores (1932) realizaron en Inglaterra los primeros estudios sobre higiene industrial. Por otro lado, Winslow y colaboradores (1937) propusieron el índice de temperatura operativa (OT) y en ese mismo año Dufton (1937) desarrolló el índice de temperatura equivalente (TEq). Dentro de los autores anteriores destacan las aportaciones hechas por Bedford (1936) con su escala de sensaciones térmicas que aun prevalecen. En Francia, Missérnard (1931) desarrolló el índice de temperatura resultante (RT), Lee (1966) desarrolló el índice de tensión térmica (TSI) y junto con Henschel (1966) también desarrolló el índice relativo de tensión. Fanger (1970), por su parte es uno de los autores más citados, durante los 70s y 80s con la ecuación de confort de Fanger, Predicción del Voto Promedio (PMV) y Predicción del Porcentaje de disconfort (PPD). Gagge y Nishi asociados con González y otros con Stolwijk (1973) aportaron el modelo de nueva temperatura efectiva (ET*) y la temperatura efectiva estándar (SET); Humphreys en 2007

publicó un estudio sobre la variación de las sensaciones térmicas con la escala ASHRAE y Höpfe 8(1987) desarrolló el índice de temperatura fisiológica equivalente (PET) por mencionar algunos. Los diferentes índices de confort térmico pueden ser divididos según su enfoque como se muestra a continuación(Tornero, Pérez y Gómez, 2006):

Sintético o empírico: Se basan en diversas variables meteorológicas sin tomar en cuenta elementos como la fisiología humana y la ropa dados en la tabla 3.

Tabla 3 *Índices de confort térmico según el enfoque sintético o empírico*

Índice	Características
ET Effective Temperature (Temperatura Efectiva)	Representa la sensación térmica instantánea calculada experimentalmente como una combinación de la temperatura media radiante, humedad relativa y rapidez del viento
RT Resultant Temperature (Temperature Resultante)	Comparable con la ET pero probada por largo tiempo para conocer el equilibrio térmico asumido.
HOP Humid Operative Temperature (Temperatura operativa húmeda).	Temperatura de un entorno uniforme a una humedad relativa de 100% en el que una persona pierde la misma cantidad total de calor de la piel como el ambiente actual
OP Operative Temperature (Temperatura Operativa)	Promedio aritmético de la temperatura ambiente y la temperatura media radiante.
WCI Wind Chill Index (Indice del viento frío)	Basado en la tasa de pérdida de calor de la piel expuesta causada por el viento y la temperatura

Analítico racional: Se basan en el balance energético humano, “la teoría de transferencia de calor, se aplica como punto de partida racional para describir los diversos intercambios del flujo de radiación sensible y latente, junto con algunas expresiones empíricas, que describen los efectos fisiológicos de control reguladores”, al ser más recientes ocupan técnicas informáticas (Tabla 4) (Tornero, Pérez y Gómez, 2006).

Tabla 4 Índices de confort térmico según el enfoque analítico racional.

Índice	Características
ITS Index of Thermal Stress (Índice de estrés térmico)	Supone que dentro el rango de condiciones, cuando sea posible para mantener el equilibrio térmico, el sudor se secreta a una velocidad suficiente para lograr el enfriamiento por evaporación.
HSI Heat Stress Index (Índice de estrés calórico)	Relación de la pérdida total de calor por evaporación requerida para el equilibrio térmico con el máximo de pérdida de calor por evaporación posible para el medio ambiente, en condiciones de estado estable.
ET new Effective Temperature (Temperatura Efectiva nueva)	El equivalente a la temperatura de aire en calma que experimentaría un sujeto sedentario, sano, a la sombra, vestido con ropa de trabajo, si la humedad relativa fuera de 100%.
SET Stand. Effective Temp. (Temperatura Efectiva estándar)	Al igual que ET, pero con la ropa variable la cual está estandarizada para la actividad en cuestión
OUT_SET (Temperatura Efectiva Estándar a la intemperie)	Al igual que SET, pero adaptada a la intemperie, teniendo en cuenta los flujos de radiación solar
PMV and PT (Voto Medio Previsto y temperatura prevista)	Predice el valor medio de la sensación subjetiva de un grupo de personas en un ambiente determinado, tiene un rango de sensación térmica de 7 puntos, desde -3 (frío) a +3 (caliente), donde el 0 representa una sensación térmica neutra.
PET Physiological Equivalent Temperature. (Temperatura Fisiológica Equivalente)	Temperatura a la que en un entorno típico cerrado, el balance de calor del cuerpo humano (actividad ligera, 0.9 (clo) se mantiene con la temperatura central y la piel igual a las condiciones actuales, la unidad °C

CAPITULO 4. CAMBIO CLIMATICO Y SALUD EN LAS CIUDADES

4.1. Conceptos y generalidades

El término salud es definido por la Organización Mundial de la Salud como el estado de completo bienestar físico, mental y social.

Actualmente el desarrollo de las investigaciones de cambio climático y su relación con la salud humana han adquirido mucha importancia ya que es otro aspecto de vulnerabilidad previsto, el cual está transformando nuestra percepción de los límites de la salud humana y los factores que la determinan. Los impactos negativos en la salud ante el cambio climático pueden dividirse según la forma en que se presenten:

Por vía directa: Las olas de calor, el aumento de la contaminación debido al incremento de las temperaturas o los daños físicos causados por eventos extremos.

Por vía indirecta: Se refiere al resultado que puede tener la presencia de eventos tales como sequías, inundaciones, causa de condiciones favorables de agentes infecciosos, virus, bacterias o parásitos y sus agentes transmisores llamados vectores.

Para México el impacto del cambio climático en relación con la salud de la población será determinada:

“en función del tiempo, de la zona geográfica y de la propia vulnerabilidad de la zona afectada (debido a la degradación

ambiental); en zonas con falta de infraestructura pública básica, incluyendo saneamiento e higiene, el resultado dependerá de factores no climáticos que incluyen controles ambientales, sistemas de salud pública y de la disponibilidad y del uso de medicamentos y vacunas” (Macera y Salazar, 2010).

Para los habitantes de la Ciudad de México uno de los impactos previstos ante el cambio climático es el aumento de la temperatura, este impacto por vía directa puede traer consigo que el cuerpo humano experimente disturbios fisiológicos y daños a diferentes órganos provocando enfermedades o incluso la muerte al ser expuesto a temperaturas extremas (tanto altas como bajas).

En este sentido se conoce que una de las afectaciones ante el cambio climático más importante se reflejará en el aumento de la mortalidad y morbilidad debido al aumento de las ondas de calor, la cual está definida por la OMM como un

“periodo de tres días o más en que la temperatura alcanza 32 °C o más; y que aumentan en peligrosidad si ocurren a principios de verano o si son de larga duración, así mismo su ocurrencia en ciudades aunado a la presencia del fenómeno de isla de calor urbana”;

Cabe señalar que los parámetros para determinar la ocurrencia de las ondas de calor dependen de la situación geográfica del lugar de estudio, para México Jáuregui lo determina como el periodo de ocurrencia de temperatura máxima diaria de 30°C o más durante tres días consecutivos.

“las personas mayores con problemas cardiacos o respiratorios son particularmente vulnerables porque el calor extremo puede exacerbar estas condiciones preexistentes. La falta de acceso a sistemas de aire acondicionado aumenta también el riesgo de muerte por calor lo que introduce un factor socioeconómico” (Lema, 2002).

Algunos estudios muestran que a través del tiempo se ha registrado un aumento de ondas de calor en la Ciudad de México (Fig. 5).

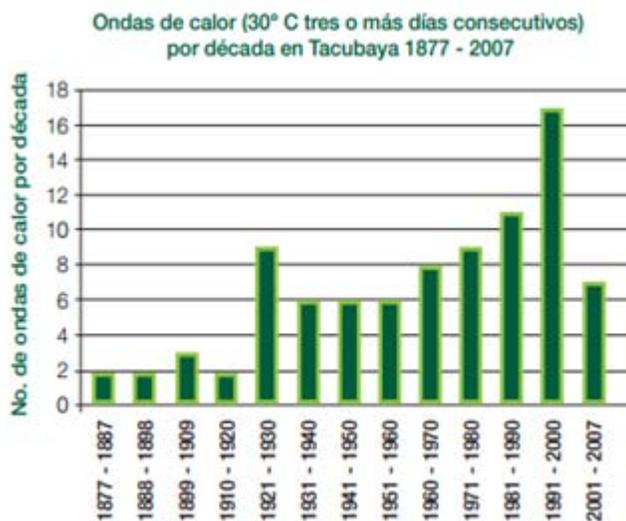


Figura 5 Frecuencia decadal de ondas de calor en Tacubaya en el periodo 1877-2007(Jáuregui, 2008)

Otros estudios muestran que estas ondas de calor pueden provocar la muerte de personas que pertenecen a grupos de población que son más susceptibles a otros debido a la exposición a altas temperaturas aunadas a factores médicos o biológicos relacionados con la edad y estado físico de la persona. En la Ciudad de México las mujeres en comparación con los hombres, son más vulnerables ante el aumento de la temperatura de acuerdo a la investigación realizada por Bell, en donde a partir del estudio de la mortalidad, la temperatura y la contaminación ambiental en tres ciudades de América Latina llega a esta conclusión (2008).

4.2. Obesidad en los centros urbanos

De la misma forma la realización de estudios o investigaciones acerca del impacto que el cambio climático puede ocasionar en la salud de la población debe tomarse en cuenta el estado de salud actual en que se encuentra; y uno de los problemas que actualmente aqueja a la población de México es la obesidad. Anteriormente, se mencionaron los factores y variables que influyen en el confort térmico de los individuos. De éstos, los factores fisiológicos son los que en esta investigación se consideran de mayor importancia debido a que la población que habita en las ciudades también presenta características peculiares en comparación a los habitantes de zonas rurales o con menor grado de urbanización.

En gran medida las costumbres y creencias así como actividades cotidianas que la población realiza dependiendo su entorno puede influir en el estado físico de la sociedad de un determinado lugar; en el caso de las ciudades, la transformación del espacio como abastecedor de múltiples necesidades ha traído

consigo, que estos lugares sean configurados de tal manera que la población realice el menor gasto de energía o lleve a cabo un menor esfuerzo al realizar sus actividades, de hecho si se analiza lo anterior se aprecia como satisfacción.

Es por ello que actualmente la salud de las personas que habitan en las ciudades se ve afectada por las características de este estilo de vida, ya sea por la falta de actividad ocasionada por múltiples factores (falta de tiempo, áreas verdes, seguridad, etc.) y/o aunado a la baja calidad de nutrición de la población que al igual es provocado por diversos factores (pobreza y/o falta de tiempo para comprar o elaborar alimentos adecuados producto de la explotación laboral, poca accesibilidad a alimentos de buena calidad nutricional, aumento de los establecimientos de comida no adecuada nutricionalmente o comercio informal de alimentos, falta de educación nutricional (Rodríguez y Pérez, 2010).

El aumento del sedentarismo, así como una nutrición no adecuada de la población urbana, ha ocasionado que su salud se deteriore, trayendo consigo el aumento de enfermedades crónicas debido al sobrepeso y obesidad que va cada vez más en aumento. Hay que recordar que México ocupa el primer lugar mundial en obesidad infantil y el segundo lugar en adultos, por lo que no solamente es un grupo vulnerable en cuanto a cuestiones de salud se refiere sino también se puede considerar su vulnerabilidad ante el cambio climático ¿de qué forma las personas con obesidad se enfrentarán ante el aumento de temperaturas? ¿Será considerable fisiológicamente el aumento de temperaturas? O así mismo el aumento en la demanda de recursos en salud pública para atender las necesidades de una

población con obesidad que a su vez detona diversas enfermedades crónicas. La obesidad *es considerada como un trastorno metabólico y nutricional en el que interactúan factores genéricos, psicológicos, socioeconómicos y culturales, generado por un desequilibrio excesivo y sostenido de nutrientes que incrementa el peso y depósito de grasas aumentando el tamaño y número de adipositos* (Nájera, 2007).

La obesidad ha sido explicada a partir de la ecuación de ingestión y gasto de energía, que determina que la obesidad surge cuando la ingestión de energía es mayor al gasto energético dentro del cual la actividad y la inactividad física juegan un papel importante (Caballero, 2007). Para determinar la obesidad en personas adultas, se utiliza el Índice de Masa Corporal (IMC), que es un indicador antropométrico creado por el estadístico belga Quetelet alrededor del año 1835 (Díaz, 2011) Este índice consiste en dividir el peso (W , kg) de la persona y su altura (h , m) elevada al cuadrado, es decir:

$$IMC = \frac{W}{h^2}$$

A nivel internacional la clasificación y estandarización del estado nutricional de las personas ha llevado varios años de etapas y análisis. En el año de 1988 los Institutos Nacionales de Salud de Estados Unidos (NIH por sus siglas en inglés) unificaron criterios estableciendo como “peso ideal” un IMC igual o menor a 25 kg/m² al observar que la mortalidad de hombres y mujeres aumenta cuando se

encuentra por arriba de ese valor; también agregaron la categoría de sobrepeso como estado previo a la obesidad, con un punto de corte de 30 kg/m².

En el cuadro 4 se muestran los límites y categorías que fueron establecidos por la Organización Mundial de la Salud para determinar el estado nutricional de un adulto

	Peso bajo (IMC menor de 18.5)
Delgadez severa	Menos de 16
Delgadez moderada	16- 16.99
Delgadez aceptable	17- 18.49
	Peso ideal
Normal	18.5- 24.99
	Sobrepeso (IMC igual o mayor a 25)
Preobesidad	25- 29.99
Obesidad tipo I	30- 34.99
Obesidad tipo II	35- 39.99
Obesidad tipo III	≥40

Tabla 5 Clasificación del IMC y categorías del estado nutricional para la población adulta.

Existen diversos métodos para determinar el estado nutricional de la población, en algunas encuestas se llevan a cabo medidas antropométricas, pero solo se determina de una manera superficial por el tiempo que implica recabar estos datos. Actualmente, el tema de obesidad es primordial en México, ya que éste

ocupa el primer lugar en obesidad infantil, y en la población adulta el 71% de las mujeres y el 67 % de los hombres adultos mayores de 20 años padecen sobrepeso y obesidad.

Así mismo la obesidad está relacionada con la aparición de otros padecimientos tales como enfermedades angiológicas, cardiovasculares e hipertensión, lo que ocasiona una mayor demanda de atención en el sector salud y por ende una mayor demanda de recursos destinados a su atención y tratamiento. El estudio del estado nutricional de la población mexicana se ha estudiado desde hace varias décadas. Actualmente existe la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) que se realiza por parte del Instituto Nacional de Salud desde el año 1999.

4.3. Termorregulación del cuerpo humano

El ser humano es considerado como un organismo homeotermo, esto significa que es capaz de mantener su temperatura en un nivel promedio de 37 °C, con un intervalo normal de 35.5 a 37.7 °C. Debido a la interacción del ser humano con el ambiente esta temperatura puede ser modificada, por factores tanto internos como externos, pero su balance siempre se realizará mediante un equilibrio dinámico entre la ganancia y pérdida de calor, es decir, en un balance energético. La ganancia de calor se da por dos procesos (Fig. 6):

Producción de calor interno. Esta producción de calor se genera a su vez por el metabolismo, que consiste en la transformación a energía en forma de calor de los alimentos consumidos y que es liberada por la contracción muscular.

- **Ganancia de calor externo.** Esta procede del medio ambiente ya sea por (radiación, conducción y/o convección).

La pérdida de calor en el ser humano se produce a través de:

- **Conducción:** Transmisión de calor cuando el cuerpo humano entra en contacto con otro cuerpo sólido de menor temperatura.
- **Radiación:** Es el intercambio de calor por radiación, sucede cuando el cuerpo humano pierde calor debido a la existencia de elementos con menor temperatura en su entorno.
- **Convección:** Intercambio de calor por convección sucede cuando el cuerpo cede energía a las partículas de agua o aire que entran en contacto con él.
- **Evaporación:** Es la pérdida de calor por evaporación de agua, sudor producido por el cuerpo.

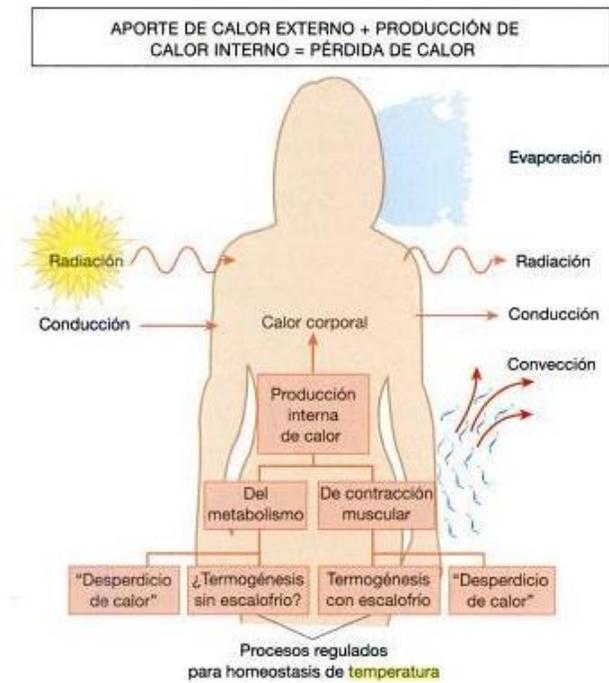


Figura 6 *Procesos que producen la ganancia de calor en el ser humano*

La regulación de la temperatura corporal está controlada por un centro termorregulador ubicado en el hipotálamo, pero las señales recibidas provienen de dos termorreceptores diferentes, uno está ubicado en la piel y otro en el hipotálamo, que regulan a su vez la temperatura cutánea y la temperatura central corporal (órganos internos). Cuando la temperatura del cuerpo aumenta y es superior a los 37 °C, el hipotálamo coordina una respuesta fisiológica correspondiente a la vasodilatación, esto quiere decir: aumenta el flujo de sangre a través de la piel y como consecuencia la persona empieza a sudar, y la energía requerida por el sudor para evaporarse se toma de la piel haciendo que la temperatura disminuya.

Los sensores de la piel son sensores de frío por lo que, si la temperatura disminuye por debajo de los 34 °C, la reacción del cuerpo humano consiste en la vasoconstricción, reduciendo el flujo de la sangre a través de la piel, así mismo se estimula la producción de calor a través de los músculos, lo que causa el estremecimiento (tiritar). Si los sensores de calor y frío dan señales al mismo tiempo, nuestro cerebro inhibirá una o ambas de las reacciones de la defensa del cuerpo (Chávez, 2002).

El cerebro interpreta las señales como una suma de impulsos positivos y negativos que se anulan entre sí. Si las señales de ambos signos son de la misma magnitud se sentirá térmicamente neutro, si no, se sentirá demasiado caluroso o demasiado frío. Una persona en un estado térmico neutro y completamente relajada, es un caso especial ya que no se activan ni los sensores de calor ni de frío. Dado que se necesita bastante tiempo para cambiar la temperatura del núcleo del cuerpo, las señales del sensor de calor varían muy lentamente comparadas con las señales de los sensores de frío (Torres, 2010).

CAPÍTULO 5. EVALUACIÓN DEL CONFORT TÉRMICO DE LOS HABITANTES DE LA CIUDAD DE MÉXICO SEGÚN SU ESTADO NUTRICIONAL

5.1. Materiales y métodos

Para cumplir con el objetivo principal de esta investigación y determinar el grado de confort térmico de los habitantes de la Ciudad de México según su estado nutricional con especial atención a la población con obesidad se hizo uso de los siguientes recursos y elementos:

Como se mencionó anteriormente los índices de confort térmico son los métodos por los cuales se puede evaluar el confort térmico en las personas, en ésta investigación se hará uso del índice de temperatura Fisiológica Equivalente (PET, por sus siglas en inglés), es un método propuesto por el ingeniero alemán Höpfe en 1987, el cual está basado en el Munich Energy-Balance Models for Individuals (MEMI) que, de acuerdo a la fisiología de las personas modela las condiciones térmicas de los individuos y se basa en el equilibrio de la energía humana y su entorno, a partir de la descripción de los efectos de las condiciones meteorológicas y condiciones termo-fisiológicas. El índice PET se define como la temperatura fisiológica equivalente en cualquier lugar (interiores o exteriores) y equivale a la temperatura del aire en la que, en un arreglo típico interior (sin radiación solar y viento), la carga del calor del cuerpo humano se mantiene con la temperatura de la piel y corporal iguales a las que en condiciones en que se evalúa (Höpfe, 1999; Matzarakis, 1999). Se eligió este índice debido a que en él se pueden modificar las variables meteorológicas dependiendo del lugar de la zona de estudio, así como

las características fisiológicas de las personas según se requiera obteniendo un resultado de mayor precisión, así mismo el resultado obtenido se da en °C, lo que facilita su aplicación y posterior análisis.

En la siguiente tabla se muestran los diferentes grados de percepción térmica y estrés fisiológico según los intervalos de confort de la PET.

Tabla 6 *Intervalos de la Temperatura Fisiológica Equivalente (Matzarakis 1996).*

PET	Percepción Térmica	Grado de estrés fisiológico
4º C o= ı	Muy Frío	estrés extremo por frío
	Frío	estrés fuerte por frío
13º C	Frío	estrés moderado por frío
18º C	Ligeramente Frío	Ligero estrés por frío
23º C	Confortable	Sin estrés térmico
29º C	Ligeramente cálido	estrés Ligero por calor
35º C	Cálido	estrés moderado por calor
41º C	Caliente	estrés fuerte por calor
	Muy caliente	estrés extremo por calor

Para determinar el confort térmico según el índice PET, se utilizó el Software RayMan versión 1.2 el cual fue desarrollado por el Instituto de Meteorología en la Universidad de Freiburg, Alemania (Matzarakis y Mayer, 1999; Matzarakis, 1999). Este modelo puede ser utilizado para diversos fines,

principalmente para estudios climáticos en áreas urbanas que se caracterizan por complejas estructuras y microclimas, puede evaluar el confort térmico a partir de la utilización de los índices: Predicted Mean Vote (PMV), Physiological Equivalent Temperature (PET) y/o el Standard Effective Temperature (SET*) para los que toma en cuenta diferentes variables tanto fisiológicas como meteorológicas que intervienen en el intercambio de energía entre el cuerpo humano y la atmósfera respectivamente; así mismo a partir de éstos puede determinar la temperatura media radiante, la duración del sol y la sombra, el factor de vista del cielo y la radiación global que pueden ayudar en el diseño y planificación de las áreas de recreación y el diseño de las estructuras urbanas. (Matzarakis, 2007). En la figura XX se muestra la ventana principal del programa

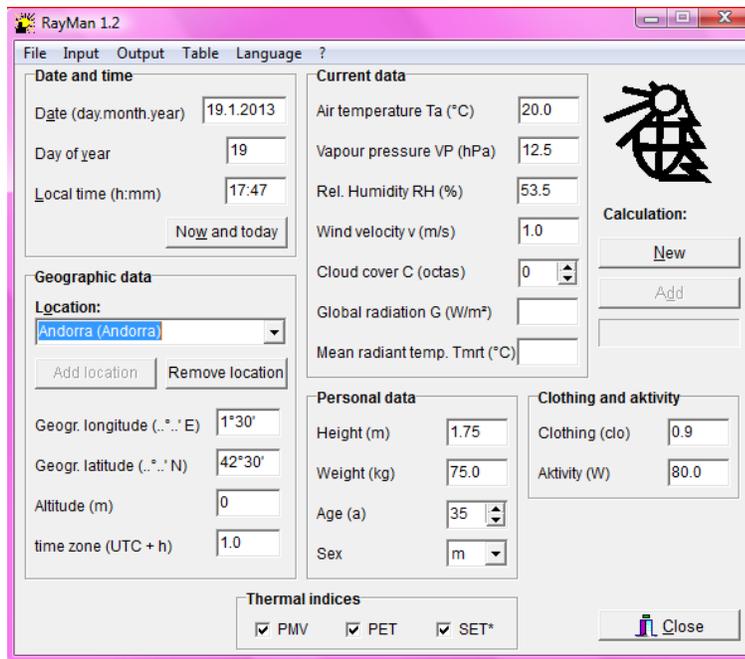


Figura 7 Ventana principal del programa RayMan 1.2

Los parámetros que se requieren para que el software *Rayman* calcule el índice PET son:

FECHA Y HORA

- Fecha
- Día del año
- Tiempo local

DATOS GEOGRÁFICOS

- Ubicación
- Latitud
- Longitud
- Altitud
- Huso horario

DATOS ACTUALES

- Temperatura del aire T_a (°C)
- Presión de vapor VP (hPa)
- Humedad Relativa RH (%)
- Velocidad del viento v (m/s)
- Nubosidad media C (octas)
- Radiación Global G (W/m²)

No es necesario contar con los datos de presión de vapor o de radiación global, ya que el programa los calcula a partir de T_a y RH , y de la fecha y hora, posición geográfica y de la nubosidad media, respectivamente.

DATOS PERSONALES

- Talla (m)
- Peso (kg)
- Edad
- Sexo

VESTIMENTA Y ACTIVIDAD

- Vestimenta (clo): Es el grado de arropamiento en donde el vestido es clasificado según su valor de aislamiento, la escala clo se designa desde una persona desnuda (clo = 0) a alguien que lleva un traje comercial típico (clo = 1,0).
- Actividad (W): Energía según actividad realizada.

Conocidos los requerimientos para calcular el confort térmico según el índice PET se muestra a continuación los datos recabados referentes a la temperatura, estado nutricional y datos antropométricos de la población en la Ciudad de México.

5.1.1. Temperatura

Para determinar si existe un aumento en la temperatura de la Ciudad de México y de acuerdo a la disponibilidad de datos de temperatura máxima mensual se utilizaron los datos correspondientes al periodo 1990-2010 para el mes de mayo que es considerado el más cálido del año y en el cual los habitantes de la Ciudad de México podrían presentar un mayor desconfort debido a las temperaturas, se seleccionaron cuatro estaciones meteorológicas de las cuales tres corresponden al CLICOM el cual es un sistema de software de manejo de datos climatológicos desarrollado por las Naciones Unidas, que significa CLImate COMputing Project,

administrada por el Lic. Alejandro González Serratos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y una correspondiente al Observatorio Meteorológico del Colegio de Geografía de la UNAM, las cuales se muestran a continuación (Tabla 7)

Tabla 7 . Estaciones Meteorológicas

Estación	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)
Ciudad Universitaria (CU)	19.1	-99.1	2278
Desviación Alta al Pedregal (DAP)	19.5	- 99.2	2296
Gran Canal (GC)	19.5	-99.1	2239
Colonia Santa Úrsula Coapa (SUC)	19.3	-99.1	2256

Tabla 8. *Temperatura Máxima promedio del mes de mayo para el periodo*

1990-2010

TEMPERATURA MAXIMA				
MAYO (°C)				
AÑO	CU	DAP	GC	SUC
1990	25.1	25.1	28.6	29.6
1991	28.6	26.7	30.3	29.1
1992	24.4	24.6	27.8	28.4
1993	26.8	24.4	27.8	23.8
1994	25.5	25.0	30.1	23.8
1995	27.4	29.5	30.9	30.2
1996	25.8	23.5	25.3	25.4
1997	24.7	24.1	24.4	26.3
1998	28.7	31.6	30.1	32.7
1999	28.0	27.9	30.1	28.9
2000	26.1	24.2	23.3	24.6
2001	27.5	26.5	25.5	23.1
2002	27.8	27.7	28.1	26.1
2003	27.7	30.1	28.4	27.9
2004	26.2	24.1	23.3	22.9
2005	26.3	28.8	27.2	28.8
2006	26.3	27.0	25.6	23.0
2007	26.3	20.3	26.0	24.9
2008	26.4	23.1	24.7	26.2
2009	28.2	25.2	26.8	27.7
2010	SD	25.2	28.3	29.7

5.1.2. Estado nutricional de la población de la Ciudad de México

Las principales fuentes de información que se utilizaron y de las que se obtuvieron los datos referentes al estado nutricional de la población de la Ciudad de México fueron los siguientes: La Encuesta Urbana de Alimentación y Nutrición en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México en su modalidad 1995 y 2002, así como la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2006 realizadas por el Instituto Nacional de Salud Pública.

Antes de la década de los 90, las investigaciones referentes al estado nutricional de la población en México estaban dirigidas en su mayoría a la desnutrición infantil y/o eran realizadas en entornos rurales, ya en 1988 con la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición realizada por el Instituto Nacional de Salud Pública, empiezan a elaborarse encuestas con un diseño probabilístico y, por tanto tienen representatividad a nivel nacional y regional.

A continuación se muestran las características así como los resultados del estado nutricional de la población de las encuestas utilizadas para esta investigación :

Encuesta Urbana de Alimentación y Nutrición en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México 1995 (ENURBAL, 1995).

Esta encuesta realizada por el Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Subirán, se realizó por primera vez al percatarse que el proceso de urbanización y el aumento en el número de personas con enfermedades crónicas no transmisibles,

podría estar relacionado con el cambio en los estilos de vida y los hábitos de alimentación de la población urbana. Por ello, esta encuesta tuvo como objetivo principal conocer los patrones de alimentación existentes y evaluar el estado nutricional en los diferentes estratos sociales de la población urbana de la ciudad de México. En esta encuesta se estudió a la población infantil y adulta, las cuales a su vez se dividieron en estratos, la población adulta se contó a partir de los 18 hasta los 69 años, obteniendo los siguientes resultados:

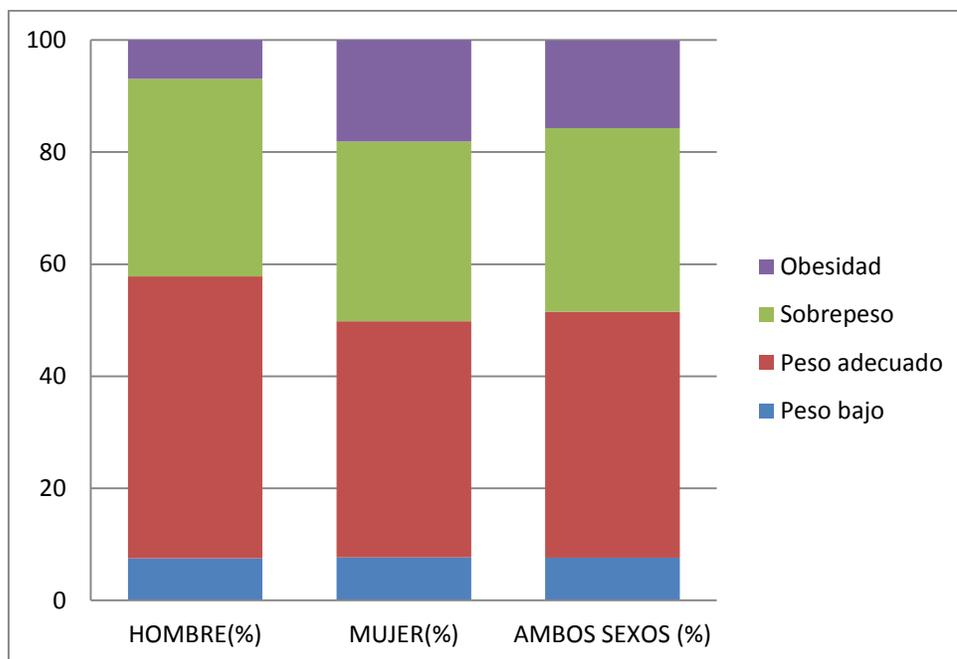


Figura 8 Distribución del IMC en la población adulta de 18 a 39 años según los resultados de la ENURBAL 1995. Fuente: ENURBAL 1995.

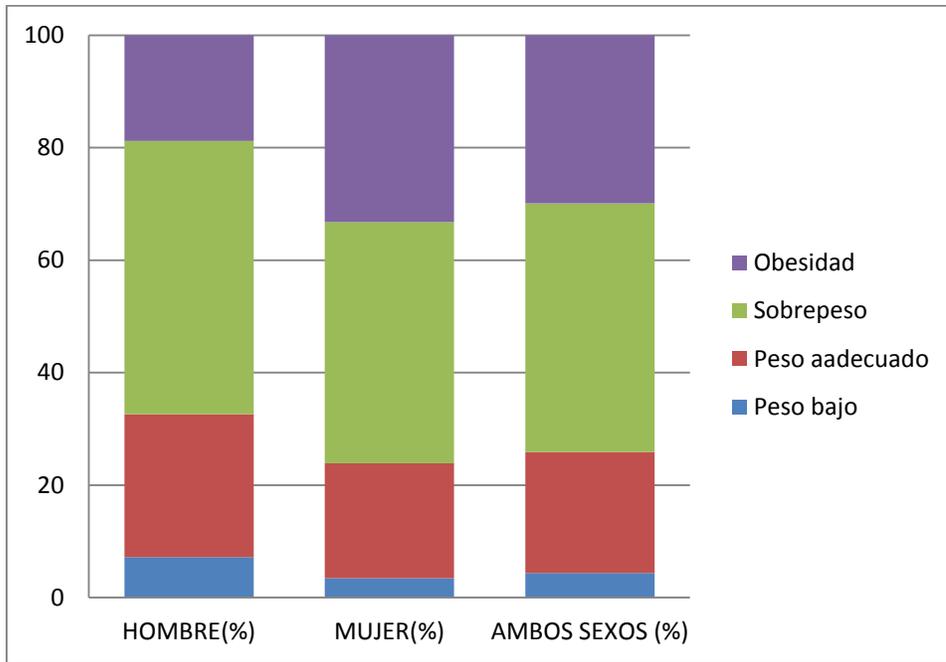


Figura 9 Distribución del IMC en la población adulta de 40 a 69 años según ENURBAL. Fuente: ENURBAL 1995.

La Encuesta Urbana de Alimentación y Nutrición en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México 2002 (ENURBAL 2002).

En 2002 el INNSZ realizó la **ENURBAL 2002**, en la cual para la población adulta se obtuvieron los siguientes resultados:

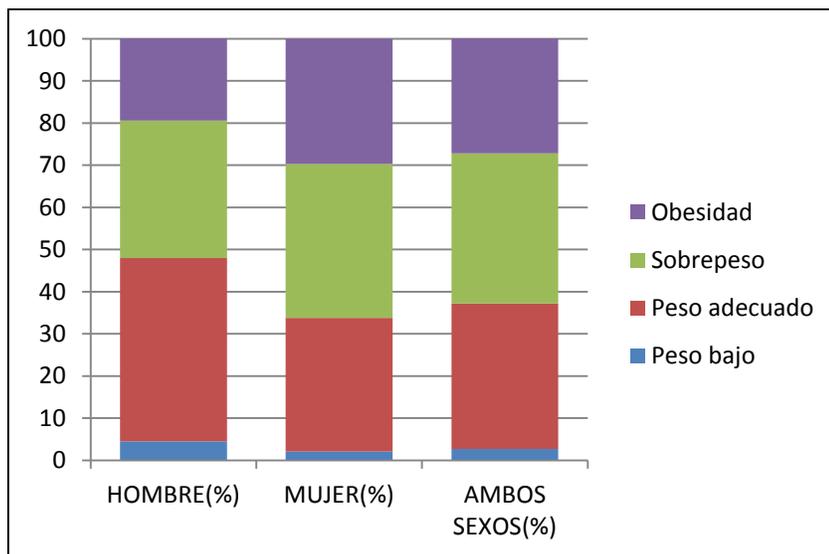


Figura 10 Distribución del IMC en la población adulta de 18 a 49 años según ENURBAL (2002).

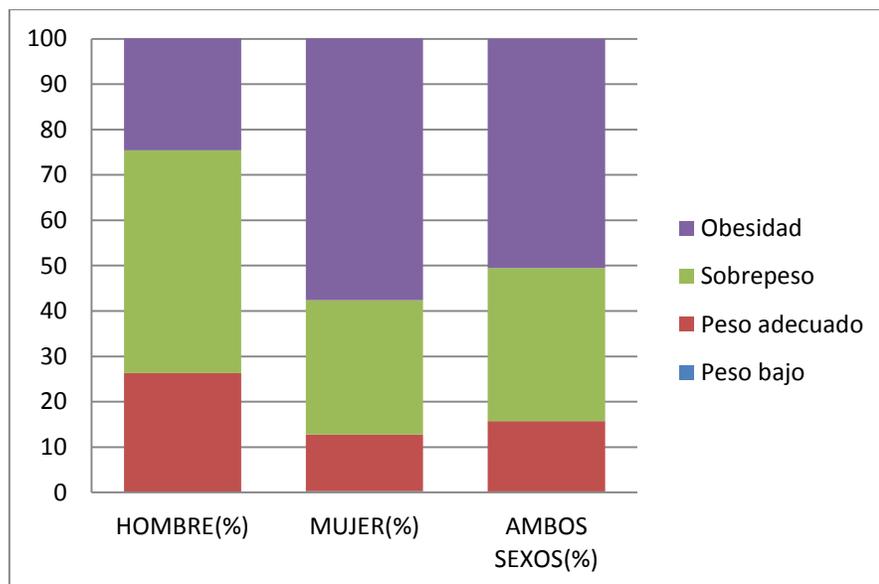


Figura 11 Distribución del IMC en población adulta de 50 a 60 años, según ENURBAL (2002).

Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2006 según ENSANUT (2006)

Es una encuesta realizada por el Instituto Nacional de Salud del gobierno federal, que tiene como objetivo *recabar información del estado nutricional y de salud de los niños y adultos en México con el propósito de brindar soporte a las políticas públicas que se traducen en acciones que benefician a la población.* La ENSANUT 2006 permite realizar inferencias a escala de entidad federativa y por tamaño de localidad para la información antropométrica de todos los grupos de edad. También aporta valiosa información acerca de las deficiencias micronutrimientales.

La evaluación del estado nutricional de la población mayor de 20 años de edad se realizó mediante dos indicadores: el IMC y la circunferencia de cintura, de las cuales para el desarrollo de esta investigación ocuparemos los resultados para el IMC que utilizó como puntos de corte los propuestos por la OMS:

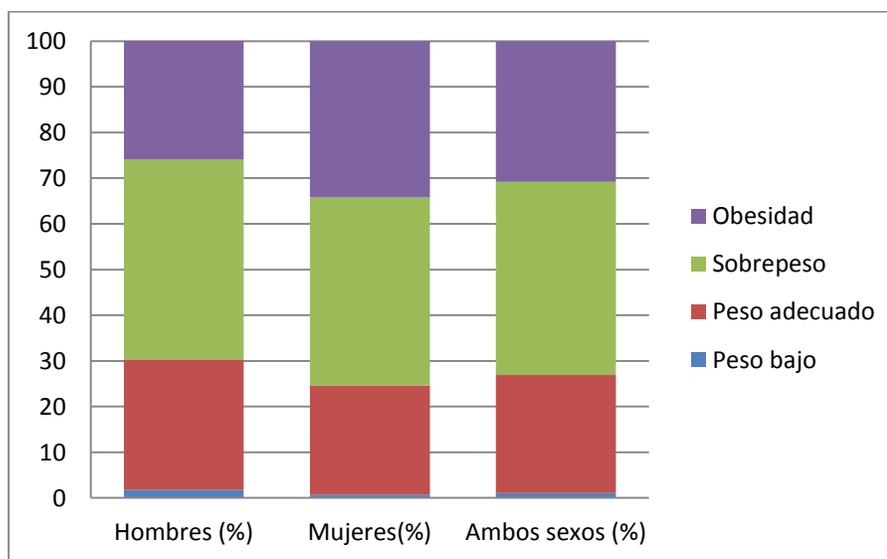


Figura 12 *Porcentaje de población adulta (>20 años) para el Distrito Federal según IMC.*
Fuente: ENSANUT 2006.

A partir de los resultados de las encuestas mencionadas anteriormente se pueden comparar sus resultados.

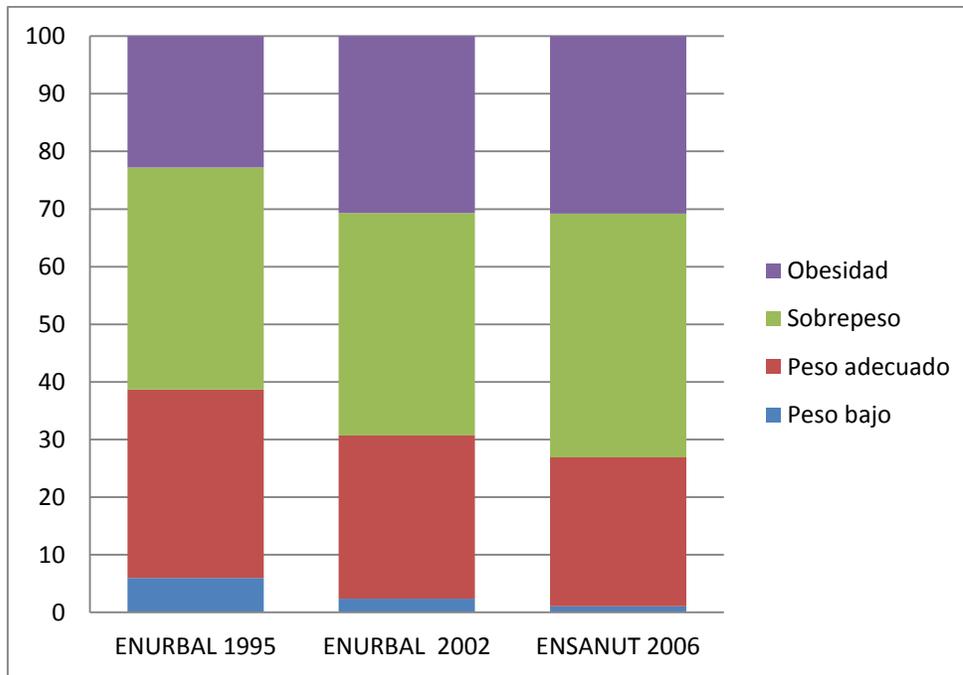


Figura 13 Resultados de las encuestas ENURBAL 1995, ENURBAL 2002 y ENSANUT 2006 del estado nutricional de la población adulta de la Ciudad de México.

5.1.3. Datos antropométricos

Para poder determinar un estado físico promedio y complementar la información recabada con las encuestas era necesario saber el peso y estatura de la población adulta que habita en la Ciudad de México, por lo cual también se tomó en cuenta el siguiente estudio:

México es el primer país de América Latina en realizar un estudio antropométrico de su población, en 2010 la Cámara Nacional de la Industria y el Vestido, validado por el INEGI y la Secretaría de Economía, realizó un estudio destinado a

obtener los datos antropométricos de la población mexicana, el cual llamaron:

¿Cuánto mide México? El tamaño si importa

(<http://www.canaive.org.mx/antrop1.php> fecha de apoyo septiembre 2013).

En las siguientes tablas se muestran los resultados referentes a peso y talla según el sexo y grupo de edad, así mismo se calculó a partir de estos datos el IMC correspondiente:

Tabla 9 Estado nutricional de mujeres adultas por grupos de edad.
(Fuente: *¿Cuánto mide México? El tamaño si importa en:*
<http://www.canaive.org.mx/antrop1.php>)

MUJERES					
Edad	Peso	Talla	Talla ²	IMC	Estado Nutricional
18-25	62.9	1.61	2.6	24.3	Normal
26-39	69.8	1.59	2.5	27.6	Preobesidad
40-50	72.2	1.58	2.5	28.9	Preobesidad
51-65	71.6	1.56	2.4	29.4	Preobesidad
66	65.1	1.5	2.3	28.9	Preobesidad

Tabla 10 Estado nutricional en hombres por grupos de edad
 (Fuente: ¿Cuánto mide México? El tamaño si importa en:
<http://www.canaive.org.mx/antrop1.php>).

HOMBRES					
Edad	Peso	Talla	TALLA ²	IMC	Estado Nutricional
18-25	70.4	1.67	2.79	25.2	Preobesidad
26-39	76.5	1.65	2.72	28.1	Preobesidad
40-50	77.3	1.63	2.66	29.1	Preobesidad
51-65	75.2	1.61	2.59	29.0	Preobesidad
66	71.1	1.6	2.56	27.8	Preobesidad

5.2. Resultados

En la tabla anterior se muestran los resultados de las diferentes parámetros que se utilizan para calcular en el software Rayman 2.1 el confort térmico a partir de la aplicación del índice PET.

Tabla 11 Características corporales de una persona hipotética del sexo femenino según su IMC:

	NORMAL	SOBREPESO	OBESIDAD
SEXO	MUJER	MUJER	MUJER
EDAD (años)	25	25	25
PESO (kg)	58	70	80
TALLA (m)	1.6	1.6	1.6
IMC (k/m ²)	22.6	27.3	31.2
SUPERFICIE CORPORAL (m ²)	1.59	1.73	1.83

En la tabla anterior se muestran los resultados de las diferentes parámetros que se utilizan para calcular en el software Rayman 2.1 el confort térmico a partir de la aplicación del índice PET, en este estudio se utilizaron datos de una persona hipotética del sexo femenino de 25 años de edad con estatura de 1.6 m, se estableció un peso (Kg) en el cual el resultado del IMC generara una diferenciación para el estado nutricional en estado normal, de sobrepeso y de obesidad, a partir de ello se calculó la superficie corporal y la actividad metabólica

La superficie corporal se calculó con la fórmula de Dubois, la cual se ocupa actualmente para determinar la superficie corporal en adultos, la formula es la siguiente:

$$Superficie\ corporal(m^2) = \frac{0.7184 \times altura\ (cm)^{0.275} \times peso(kg)^{0.425}}{100}$$

(Dubois, 1916)

Modificando los parámetros necesarios en el software para cada uno de los datos de temperatura máxima del mes de mayo por estación meteorológica en el periodo comprendido entre los años 1990 a 2010. Se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 12 *Temperatura equivalente fisiológica con datos de la estación meteorológica de Ciudad Universitaria según estado nutricional.*

AÑO	TEMP.MAX	HR	VEL. VIENTO	EDAD	TALLA	NORMAL	SOBREPESO	OBESIDAD	PROM	PERCEPCION TERMICA	GRADO DE ESTRÉS FISIOLÓGICO
1990	25.1	64.7	1.5	25	1.6	33.3	33.3	33.3	33.3	Cálido	Estrés mod. por calor
1991	28.6	47.9	1.5	25	1.6	37.4	37.5	37.5	37.5	Caliente	Estrés fuerte por calor
1992	24.4	67.2	1.5	25	1.6	32.4	32.4	32.4	32.4	Cálido	Estrés moderado por calor
1993	26.8	50.2	1.5	25	1.6	35.2	35.2	35.2	35.2	Caliente	Estrés fuerte por calor
1994	25.5	39.5	1.5	25	1.6	33.3	33.3	33.3	33.3	Cálido	Estrés moderado por calor
1995	27.4	37.1	1.5	25	1.6	35.6	35.6	35.6	35.6	Caliente	Estrés fuerte por calor
1996	25.8	44.8	1.5	25	1.6	33.8	33.8	33.8	33.8	Cálido	Estrés moderado por calor
1997	24.7	44.7	1.5	25	1.6	32.4	32.4	32.4	32.4	Cálido	Estrés moderado por calor
1998	28.7	34.7	1.5	25	1.6	37.2	37.2	37.2	37.2	Caliente	Estrés fuerte por calor
1999	28.0	46.9	1.5	25	1.6	36.7	36.7	36.7	36.7	Cálido	Estrés moderado por calor
2000	26.1	40.4	1.5	25	1.6	34.1	34.1	34.1	34.1	Cálido	Estrés moderado por calor
2001	27.5	52.5	1.5	25	1.6	36.1	36.1	36.1	36.1	Caliente	Estrés fuerte por calor
2002	27.8	48.5	1.5	25	1.6	36.4	36.4	36.4	36.4	Caliente	Estrés fuerte por calor
2003	27.7	49.8	1.5	25	1.6	36.4	36.4	36.3	36.4	Caliente	Estrés fuerte por calor
2004	26.2	50.3	1.5	25	1.6	34.4	34.4	34.4	34.4	Cálido	Estrés moderado por calor
2005	26.3	50.4	1.5	25	1.6	34.6	34.6	34.6	34.6	Cálido	Estrés moderado por calor
2006	26.3	45.4	1.5	25	1.6	34.4	34.5	34.4	34.4	Cálido	Estrés moderado por calor
2007	26.3	53.8	1.5	25	1.6	34.6	34.6	34.6	34.6	Cálido	Estrés moderado por calor
2008	26.4	46.0	1.5	25	1.6	34.6	34.6	34.6	34.6	Cálido	Estrés moderado por calor
2009	28.2	49.0	1.5	25	1.6	37	37	37	37.0	Caliente	Estrés fuerte por calor

De acuerdo a los resultados obtenidos, (Tabla 12) podemos observar que el rango de temperatura máxima del mes de mayo para la estación de Ciudad Universitaria, situada al sur de la Ciudad de México va desde los 24.4°C en el año 1992 hasta los 28.7°C del año 1998 , los resultados a partir del cálculo del índice PET nos indican que la percepción térmica de las personas fue considerada como cálida en la mayoría de los años del periodo de estudio (12 años), en los años restantes fue considerada como caliente generando un grado de estrés fuerte por calor.

Tabla 13 Resultados de la Temperatura equivalente fisiológica de la estación meteorológica DESVIACIÓN ALTA AL PEDREGAL según estado nutricional.

AÑO	TEMP.MED	HR	VEL. VIENTO	EDAD	TALLA	NORMAL	SOBREPESO	OBESIDAD	PROM	PERCEPCION TERMICA	GRADO DE ESTRÉS FISIOLÓGICO
1990	25.1	50.0	1.5	25	1.6	33.2	33.2	33.2	33.2	Cálido	Estrés moderado por calor
1991	26.7	50.0	1.5	25	1.6	35.2	35.2	35.1	35.2	Caliente	Estrés fuerte por calor
1992	24.6	50.0	1.5	25	1.6	32.6	32.6	32.6	32.6	Cálido	Estrés moderado por calor
1993	24.4	50.0	1.5	25	1.6	32.3	32.3	32.3	32.3	Cálido	Estrés moderado por calor
1994	25.0	50.0	1.5	25	1.6	33.1	33.1	33.1	33.1	Cálido	Estrés moderado por calor
1995	29.5	50.0	1.5	25	1.6	38.6	38.6	38.6	38.6	Caliente	Estrés fuerte por calor
1996	23.5	50.0	1.5	25	1.6	31.2	31.2	31.2	31.2	Cálido	Estrés moderado por calor
1997	24.1	50.0	1.5	25	1.6	32	32	32	32.0	Cálido	Estrés moderado por calor
1998	31.6	50.0	1.5	25	1.6	41.1	41.1	41.1	41.1	Muy caliente	Estrés extremo por calor
1999	27.9	50.0	1.5	25	1.6	36.6	36.6	36.6	36.6	Caliente	Estrés fuerte por calor
2000	24.2	50.0	1.5	25	1.6	32.1	32.1	32.1	32.1	Cálido	Estrés moderado por calor
2001	26.5	50.0	1.5	25	1.6	34.9	34.9	34.9	34.9	Cálido	Estrés moderado por calor
2002	27.7	50.0	1.5	25	1.6	36.4	36.4	36.4	36.4	Caliente	Estrés fuerte por calor
2003	30.1	50.0	1.5	25	1.6	39.3	39.3	39.3	39.3	Caliente	Estrés fuerte por calor
2004	24.1	50.0	1.5	25	1.6	32	32	32	32.0	Cálido	Estrés moderado por calor
2005	28.8	50.0	1.5	25	1.6	37.7	37.7	37.7	37.7	Caliente	Estrés fuerte por calor
2006	27.0	50.0	1.5	25	1.6	35.5	35.5	35.5	35.5	Caliente	Estrés fuerte por calor
2007	20.3	50.0	1.5	25	1.6	27.3	27.3	27.3	27.3	Ligeramente cálido	Estrés ligero por calor
2008	23.1	50.0	1.5	25	1.6	30.7	30.7	30.7	30.7	Cálido	Estrés moderado por calor
2009	25.2	50.0	1.5	25	1.6	33.3	33.3	33.3	33.3	Cálido	Estrés moderado por calor
2010	25.2	50.0	1.5	25	1.6	33.3	33.3	33.3	33.3	Cálido	Estrés moderado por calor

Para la estación Desviación Alta al Pedregal (Tabla 13) situada la Sur de la Ciudad en la delegación Tlalpan, la temperatura máxima de menor valor se presentó en el año 2007 con 20.3° C y la de mayor fue en el año 1998 con 31.6°C; los resultados del cálculo del índice PET nos indican que en el año 1998 la población presentó una percepción térmica considerada como Muy caliente con un grado de estrés térmico considerado como estrés extremo por calor, en los años restantes se presentaron temperaturas que generaron percepciones térmicas en su mayoría cálidas (en 12 años), muy caliente (1 año) y el año con menor valor de temperatura máxima fue considerado como ligeramente cálido.

Tabla 14 Resultados de la Temperatura equivalente fisiológica de la estación meteorológica GRAN CANAL según estado nutricional.

AÑO	TEMP.MED	HR	VEL.VIENTO	EDAD	TALLA	NORMAL	SOBREPESO	OBESIDAD	PROM	PERCEPCION TERMICA	GRADO DE ESTRÉS FISIOLÓGICO
1990	28.6	50.0	1.5	25	1.6	37.5	37.5	37.5	37.5	Caliente	Estrés fuerte por calor
1991	30.3	50.0	1.5	25	1.6	39.6	39.6	39.6	39.6	Caliente	Estrés fuerte por calor
1992	27.8	50.0	1.5	25	1.6	36.4	36.6	36.5	36.5	Caliente	Estrés fuerte por calor
1993	27.8	50.0	1.5	25	1.6	36.4	36.6	36.5	36.5	Caliente	Estrés fuerte por calor
1994	30.1	50.0	1.5	25	1.6	37.6	39.4	39.3	38.8	Caliente	Estrés fuerte por calor
1995	30.9	50.0	1.5	25	1.6	40.3	40.3	40.3	40.3	Caliente	Estrés fuerte por calor
1996	25.3	50.0	1.5	25	1.6	33.5	33.8	33.5	33.6	Cálido	Estrés moderado por calor
1997	24.4	50.0	1.5	25	1.6	32.4	32.4	32.4	32.4	Cálido	Estrés moderado por calor
1998	30.1	50.0	1.5	25	1.6	39.3	39.4	39.3	39.3	Caliente	Estrés fuerte por calor
1999	30.1	50.0	1.5	25	1.6	39.3	39.4	39.3	39.3	Caliente	Estrés fuerte por calor
2000	23.3	50.0	1.5	25	1.6	31	31.1	31	31.0	Cálido	Estrés moderado por calor
2001	25.5	50.0	1.5	25	1.6	33.7	33.7	33.7	33.7	Cálido	Estrés moderado por calor
2002	28.1	50.0	1.5	25	1.6	36.9	36.9	36.9	36.9	Caliente	Estrés fuerte por calor
2003	28.4	50.0	1.5	25	1.6	37.3	37.3	37.3	37.3	Caliente	Estrés fuerte por calor
2004	23.3	50.0	1.5	25	1.6	31	31.1	31	31.0	Cálido	Estrés moderado por calor
2005	27.2	50.0	1.5	25	1.6	35.8	35.8	35.8	35.8	Caliente	Estrés fuerte por calor
2006	25.6	50.0	1.5	25	1.6	33.9	33.9	33.9	33.9	Caliente	Estrés fuerte por calor
2007	26.0	50.0	1.5	25	1.6	34.4	34.4	34.4	34.4	Caliente	Estrés fuerte por calor
2008	24.7	50.0	1.5	25	1.6	32.8	32.8	32.8	32.8	Caliente	Estrés fuerte por calor
2009	26.8	50.0	1.5	25	1.6	35.3	35.3	35.3	35.3	Caliente	Estrés fuerte por calor
2010	28.3	50.0	1.5	25	1.6	37.1	37.1	37.2	37.1	Caliente	Estrés fuerte por calor

En la estación Gran Canal ubicada al norte de la Ciudad de México en la delegación Álvaro Obregón, la temperatura máxima con mayor valor para el mes de mayo fue en el año 1991 con 30.3°C el cual obtuvo como percepción térmica “calor” y como grado de estrés fisiológico fue considerado como estrés fuerte por calor, 16 datos durante el periodo de estudio obtuvieron también esa percepción térmica y grado de estrés, los cinco años restantes fueron considerados como cálidos en percepción térmica y con un grado de estrés moderado por calor.

Tabla 15 Resultados de la Temperatura equivalente fisiológica de la estación meteorológica SANTA URSULA COAPA según estado nutricional.

AÑO	TEMP.MED	HR	VEL.VIENTO	EDAD	TALLA	NORMAL	SOBREPESO	OBESIDAD	PROM	PERCEPCION TERMICA	GRADO DE ESTRÉS FISIOLÓGICO
1990	29.6	50.0	1.5	25	1.6	38.7	38.7	38.7	38.7	Caliente	Estrés fuerte por calor
1991	29.1	50.0	1.5	25	1.6	38.1	38.1	38.1	38.1	Caliente	Estrés fuerte por calor
1992	28.4	50.0	1.5	25	1.6	37.3	37.3	37.3	37.3	Caliente	Estrés fuerte por calor
1993	23.8	50.0	1.5	25	1.6	31.7	31.6	31.7	31.7	Cálido	Estrés moderado por calor
1994	23.8	50.0	1.5	25	1.6	31.7	31.6	31.7	31.7	Cálido	Estrés moderado por calor
1995	30.2	50.0	1.5	25	1.6	39.4	39.4	39.5	39.4	Caliente	Estrés fuerte por calor
1996	25.4	50.0	1.5	25	1.6	33.6	33.6	33.6	33.6	Cálido	Estrés moderado por calor
1997	26.3	50.0	1.5	25	1.6	34.7	34.7	34.7	34.7	Cálido	Estrés moderado por calor
1998	32.7	50.0	1.5	25	1.6	42.5	42.5	42.5	42.5	Muy caliente	Estrés térmico por calor
1999	28.9	50.0	1.5	25	1.6	37.9	37.9	37.9	37.9	Caliente	Estrés fuerte por calor
2000	24.6	50.0	1.5	25	1.6	32.6	32.6	32.6	32.6	Cálido	Estrés moderado por calor
2001	23.1	50.0	1.5	25	1.6	30.8	30.8	30.8	30.8	Cálido	Estrés moderado por calor
2002	26.1	50.0	1.5	25	1.6	34.5	34.5	34.5	34.5	Cálido	Estrés moderado por calor
2003	27.9	50.0	1.5	25	1.6	36.7	36.7	36.7	36.7	Caliente	Estrés fuerte por calor
2004	22.9	50.0	1.5	25	1.6	30.5	30.5	30.5	30.5	Cálido	Estrés moderado por calor
2005	28.8	50.0	1.5	25	1.6	37.7	37.7	37.8	37.7	Caliente	Estrés fuerte por calor
2006	23.0	50.0	1.5	25	1.6	30.7	30.8	30.7	30.7	Cálido	Estrés moderado por calor
2007	24.9	50.0	1.5	25	1.6	33	33	33	33.0	Cálido	Estrés moderado por calor
2008	26.2	50.0	1.5	25	1.6	34.6	34.6	34.6	34.6	Cálido	Estrés moderado por calor
2009	27.7	50.0	1.5	25	1.6	36.4	36.4	36.4	36.4	Caliente	Estrés fuerte por calor
2010	29.7	50.0	1.5	25	1.6	38.8	38.8	38.9	38.8	Caliente	Estrés fuerte por calor

Por último, la estación meteorológica Santa Úrsula Coapa que se ubica al sur de la Ciudad de México en la delegación Coyoacán, la temperatura máxima de mayor valor para el mes de mayo se registró en el año 1998 con 32.7°C, por lo que a partir del resultado del índice PET la percepción térmica fue Muy caliente y el grado de estrés extremo por calor, nueve datos de temperatura máxima obtuvieron una percepción térmica caliente con un grado de estrés fuerte por calor; y once

datos presentaron una percepción térmica cálida con un grado de estrés moderado por calor.

Tabla 16 Promedio de resultados de PET por estación meteorológica

AÑO	CU	DAP	GC	SU
1990	33.3	33.2	37.5	38.7
1991	37.5	35.2	39.6	38.1
1992	32.4	32.6	36.5	37.3
1993	35.2	32.3	36.5	31.7
1994	33.3	33.1	38.8	31.7
1995	35.6	38.6	40.3	39.4
1996	33.8	31.2	33.6	33.6
1997	32.4	32	32.4	34.7
1998	37.2	41.1	39.3	42.5
1999	36.7	36.6	39.3	37.9
2000	34.1	32.1	31	32.6
2001	36.1	34.9	33.7	30.8
2002	36.4	36.4	36.9	34.5
2003	36.4	39.3	37.3	36.7
2004	34.4	32	31	30.5
2005	34.6	37.7	35.8	37.7
2006	34.4	35.5	33.9	30.7
2007	34.6	27.3	34.4	33
2008	34.6	30.7	32.8	34.6
2009	37	33.3	35.3	36.4
2010	SD	33.3	37.1	38.8

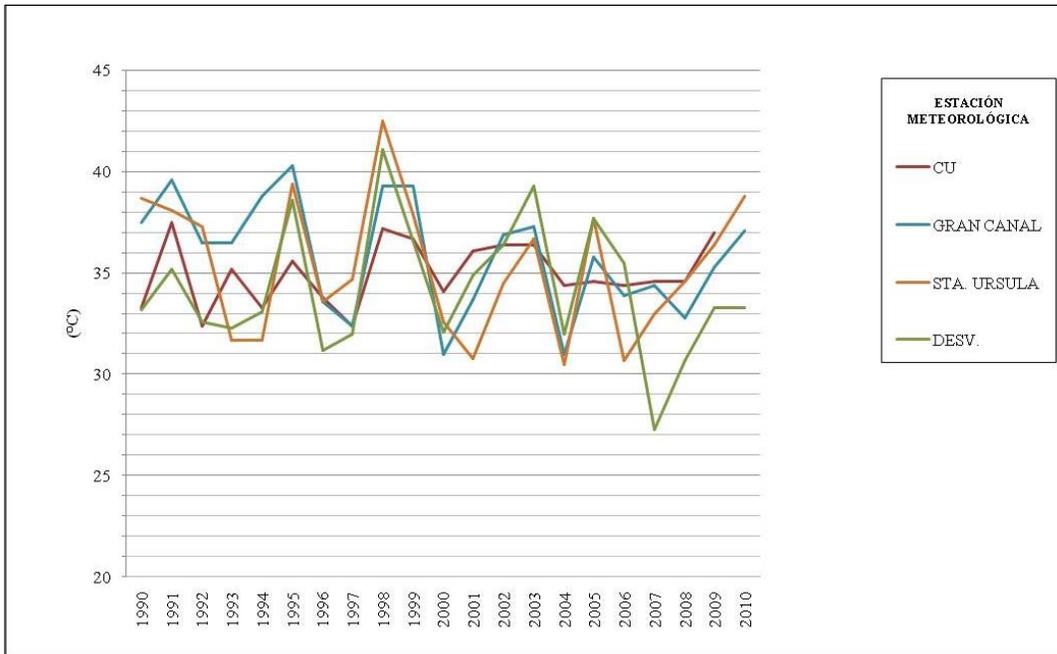


Figura 14 Resultados de PET (°C) para la temperatura máxima promedio del mes de mayo en el periodo 1990-2010

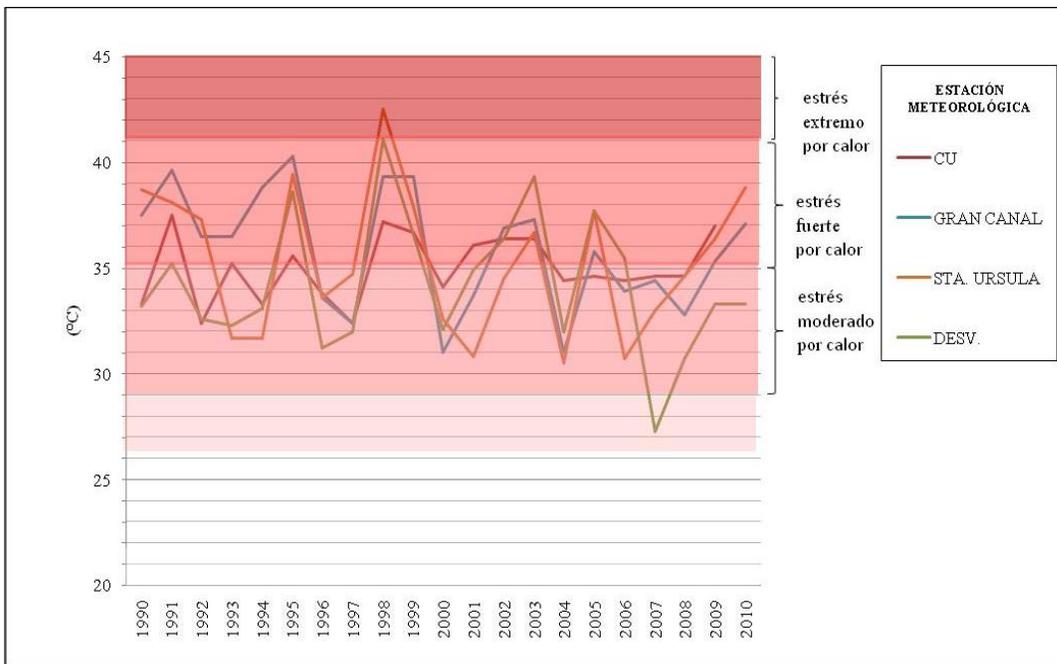


Figura 15 Grado de estrés fisiológico según los intervalos de la PET (°C), para temperatura máxima promedio del mes de mayo en el periodo 1990-2010.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La presente investigación desarrollada en torno al aumento de la temperatura como consecuencia del cambio climático urbano y global y su relación con el confort térmico de la población resulta de gran interés y al mismo tiempo de gran complejidad pues en él intervienen diversos factores tanto naturales como son las condiciones climáticas propias del lugar de estudio que son alteradas por los procesos urbanos, en este caso de la Ciudad de México, así como las características físicas de la población que habita en ella.

Los estudios de cambio climático a escala global nos señalan que el cambio en el régimen de temperatura y precipitación, así como en la temperatura de los océanos están viendo reflejados sus consecuencias impactando en diversas formas y escalas a la población del planeta, resultado de lo anterior son los estudios del cambio climático que han tomado una perspectiva diferente, en un principio destinado a caracterizar el problema y en la actualidad su principal enfoque es conocer los impactos, vulnerabilidad de la población, así como medidas de adaptación y mitigación ante este hecho, lo cual lo observamos en la bibliografía consultada durante esta investigación, en donde la cooperación entre diversas entidades a nivel nacional e internacional aportan cada día importantes conocimientos y planes de acción.

El cambio climático urbano está relacionado con las características climáticas propias del espacio junto con los procesos de urbanización los cuales propician que en el caso de la Ciudad de México se presente un microclima que se ha modificado en relación con el crecimiento de la población que habita la ciudad

y su distribución en ésta, el fenómeno de la ICU y su evolución como resultado de la capacidad transformadora del entorno en las ciudades es un factor que ha propiciado el cambio climático urbano.

A manera de observación y como aportación al cambio en el clima de la Ciudad e México, se presenta el siguiente mapa de los climas presentes en el Valle de México, lo anterior debido a las diferencias climáticas que se aprecian en comparación al presentado en el primer capítulo de la presente investigación (Figura 3), se observa que el clima templado subhúmedo con lluvias en verano (C(w1), C(w2) y C(wo)) no presenta un contraste mayor en el área de cobertura sin embargo es importante mencionar la extensión del clima Semiseco templado con lluvias de verano (BS1w) en el cual se observa que ocupa un área mayor extendiéndose al NE.

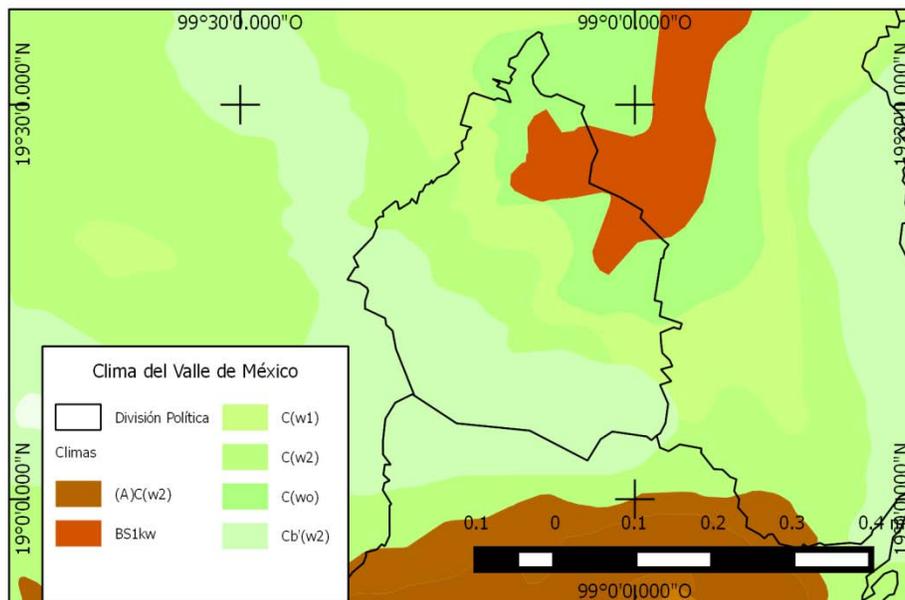


Figura 16. Climatología del Valle de México.
Reelaboración propia con datos de CONABIO.

En la Ciudad de México influyen varios factores que determinan el confort térmico de sus habitantes siendo el fenómeno de la isla de calor una de ellas, según los datos de temperatura observados durante veinte años para las estaciones meteorológicas señaladas, el aumento de la temperatura es evidente; se pudo observar que para las estaciones meteorológicas y de acuerdo a las series de tiempo de temperatura máxima del periodo estudiado existe un aumento de éstas atribuyéndolo al cambio climático relacionado al efecto de isla de calor, que repercute con la percepción térmica en las personas, si bien según la metodología empleada para determinar el confort térmico no demostró una diferencia considerable de la temperatura fisiológica equivalente entre cada uno de los estados físicos señalados (Tablas. 12, 13, 14 y 15) los resultados obtenidos nos señalan que las cuatro estaciones presentaron durante los diez años del periodo de estudio percepciones térmicas cálidas, calientes y muy caliente (Figs. 14 y 15)s, los puntos más altos de percepción térmica coinciden en tres estaciones durante el año de 1998 (Ciudad Universitaria, Desviación alta al Pedregal y Santa Úrsula Coapa), el cual fue considerado como el año con las temperaturas más altas asociado a la ocurrencia del fenómeno del niño.

El grado de estrés térmico presentado que va desde moderado, fuerte y muy fuerte por calor puede traer consigo consecuencias a la salud de las personas. Según estudios de salud e higiene para condiciones laborales (Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo, 2008), en las personas expuestas a estrés por calor se dificulta la realización de actividades, y si las condiciones se aproximan a los límites de tolerancia del cuerpo humano se aumenta el riesgo de sufrir trastornos

derivados a la exposición al calor tales como síncope, edema, calambres, agotamiento y golpe de calor, de los cuáles los tres últimos se consideran de importancia clínica.

De acuerdo a lo anterior, la hipótesis planteada para ésta investigación resulta verdadera en cuanto a que la población en general presenta un grado de estrés que va de moderado a muy fuerte por calor, y como se mencionó anteriormente puede presentar un riesgo para su salud y bienestar , así como en el desarrollo de actividades al aire libre, sin embargo no resulta cierta al enunciar que las personas con obesidad serán las mas vulnerables, ya que como se observa en los resultados por estado físico (Tablas 12, 13, 14 y 15) no se presenta una diferencia considerable en la percepción de confort y por lo tanto en el grado de estrés fisiológico para cada estado nutricional (normal, sobrepeso y obeso).

La experiencia internacional aporta antecedentes en esta línea, demostrando que las mayores tasas de mortalidad y morbilidad asociadas al calor extremo afectan de forma desproporcionadamente alta a los grupos pobres, minorías o ancianos, quienes a su vez cuentan con menores recursos para hacer frente o adaptarse a tal amenaza. Sumada a la alta mortalidad, se encuentra también una serie de enfermedades asociadas al aumento de las temperaturas en las ciudades entre ellas: insolación, agotamiento y problemas cardiovasculares y respiratorios.

Respecto al estado nutricional de la población es a considerar el aumento entre cada encuesta mencionada del porcentaje de personas adultas que presentan

sobrepeso y obesidad y a su vez la disminución del porcentaje de personas que presentan un IMC bajo o adecuado. Estos cambios en el estado nutricional de la población nos indican que es necesario tomar acciones y medidas que lleven a la población urbana a mejorar su estado de salud.

Así mismo, la salud de la población en las ciudades es un tema que por sí solo debe ser estudiado debido a que las actividades propias del lugar conllevan a que el estilo de vida de las personas se vea inmerso en la dinámica citadina y por lo tanto resulte afectada.

En esta investigación se toman en cuenta dos criterios importantes para la salud resultado de la interacción entre el ser humano y el medio ambiente, y se puede observar cómo el entorno ha modificado la forma de vida en las personas repercutiendo en su salud.

La relación que se plantea dentro del objetivo principal entre el confort térmico y la obesidad es nula o no existe debido a que los resultados arrojados al utilizar el índice de confort térmico PET no genera ninguna diferencia entre los resultados por estado nutricional. Sin embargo es importante mencionar la importancia de la relación entre el medio ambiente y las personas, las cuales es de gran complejidad, en este caso los resultados nos permiten determinar las posibles consecuencias del aumento en la temperatura para el confort de las personas y tomar medidas para prevenir posibles daños a la salud, lo anterior nos muestra el gran impacto que las ciudades o áreas urbanas tienen sobre los elementos del medio ambiente.

Es necesario que, para la realización de estudios más detallados acerca del estado físico de las personas se tomen en cuenta otros factores fisiológicos o requerimientos de forma individual como el aislamiento térmico que presentan las personas con sobrepeso y obesidad, así como las posibles deficiencias del sistema cardiovascular. En cuanto a la percepción térmica se propone en posteriores estudios para este fin la aplicación de encuestas de percepción térmica agregando variables socioeconómicas y culturales que intervienen de manera importante en el confort térmico; así mismo se debe evaluar y, si es posible plantear estas modificaciones al índice PET para poder descartar al 100% que el estado físico no influye en el confort térmico de las personas.

En referencia a los datos meteorológicos empleados, es recomendable que las instituciones encargadas de generar, recopilar, sistematizar y procesar dicha información mejoren la disponibilidad y calidad de las mismas pues la continuidad de datos en algunos casos impide que la información no pueda ser utilizada para investigaciones que requieren datos con una temporalidad amplia.

Los resultados de múltiples modelos científicos confirman los procesos de calentamiento asociados a los cambios climáticos globales, no se han proporcionado datos e informaciones de lo que sucederá al interior de las ciudades. Las evidencias indican, que como sucede a escala global, los efectos de los cambios climáticos al interior de las ciudades afectarán de manera discriminatoria a sus habitantes, concentrando sus rasgos negativos (mayores temperaturas, menor humedad, mayores inundaciones, avalanchas y remoción en

masa, más altas concentraciones de contaminantes y tasas de enfermedades y mortalidad asociadas) sobre los sectores más numerosos y vulnerables de la sociedad (cambio climático y sustentabilidad urbana).

De manera general el estudio del cambio climático en las ciudades es un tema de investigación que no solo atañe a ciencias tales como la Meteorología, la Climatología o la Geografía Médica sino que también es de gran interés para las de carácter social, al ser las ciudades un espacio de múltiples procesos y transformaciones en donde la parte social o humana tiene gran peso sobre sus características.

El confort térmico de las personas que habitan en estos lugares es un tema que debe seguir siendo estudiado desde diferentes perspectivas, ya que el comportamiento que el ser humano o las acciones tanto de adaptación y mitigación que tome para poder lograr un estado de confort afectarán al entorno.

La salud en las ciudades también debe ser un tema primordial, la gran concentración así como el nivel socioeconómico de sus habitantes son características que deben tomarse en cuenta para conocer cuál es la población más vulnerable ante un posible aumento de temperaturas.

Sin duda el cambio climático traerá consigo múltiples transformaciones al entorno que actualmente conocemos, por lo que es importante darle importancia a estudios relacionados con la mitigación y adaptación de las poblaciones ante este fenómeno y que sean referidos a las ciudades, por lo que es importante que formen parte de la planificación urbana y ecológica tomando en cuenta la

estructura de la ciudad y sus características. Si bien ahora sabemos que el cambio climático está presente y que ya podemos presenciar algunas de sus consecuencias. Las medidas que se adopten para mitigar y adaptarse a tales cambios climáticos, deberían formar parte de la planificación urbana y ecológica de las ciudades, así como el diseño de las construcciones y la infraestructura urbana.

Por lo general se carece de evaluaciones tanto en lo que respecta a los efectos causados por la urbanización sobre los climas a diversas escalas, como los efectos del proceso de cambio climático global sobre el ambiente urbano. La mitigación y la adaptación de los asentamientos humanos para resistir las condiciones extremas que resultan del calentamiento climático ha llegado a ser uno de los desafíos más formidables de nuestros tiempos.

Cada uso urbano del suelo posee un comportamiento térmico distinto, razón por la cual la ciudad se convierte en un sistema complejo de paisajes diferentes cada uno de los cuales presenta sus particulares coeficientes de absorción, almacenaje y emisión de calor.

La experiencia internacional, aporta antecedentes en esta línea, demostrando que las mayores tasas de mortalidad y morbilidad asociadas al calor extremo afectan de forma desproporcionadamente alta a los grupos pobres, minorías y ancianos, quienes a su vez cuentan con menores recursos para hacer frente o adaptarse a tal amenaza. Sumada a la alta mortalidad, se encuentra también una serie de enfermedades asociadas al aumento de las temperaturas en

las ciudades entre ellas: insolación, agotamiento y problemas cardiovasculares y respiratorios.

Los resultados de múltiples modelos científicos confirman los procesos de calentamiento asociados a los cambios climáticos globales, no se han proporcionado datos e informaciones de lo que sucederá al interior de las ciudades.

Las evidencias indican, que como sucede a escala global, los efectos de los cambios climáticos al interior de las ciudades afectarán de manera discriminatoria a sus habitantes, concentrando sus rasgos negativos (mayores temperaturas, menor humedad, mayores inundaciones, avalanchas y remoción en masa, más altas concentraciones de contaminantes y tasas de enfermedades y mortalidad asociadas) sobre los sectores más numerosos y vulnerables de la sociedad (cambio climático y sustentabilidad urbana).

BIBLIOGRAFIA Y PAGINAS ELECTRONICAS

- ASHRAE. (1992). *Thermal environmental conditions for human occupancy*. American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers. Atlanta.
- Ballinas, M. (2011). *Mitigación de la isla de calor urbana: estudio de caso de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México*. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Barradas, V. L. (1991). Radiation regime in a tropical dry deciduous forest in Western Mexico. [versión electrónica] *Theoretical and Applied Climatology*. Num. 44, 57-64.
- Bell, M., O'Neill, M., Ranjit, N., Borja-Aburto, V., Cifuentes, L. y Gouveia N. (2008). *Vulnerability to heat-related mortality in Latin America: a case-crossover study in Sao Paulo, Brazil, Santiago, Chile and Mexico City* [versión electrónica] *International Journal of Epidemiology*. Vol 37.
- Bradley, R. (1999). *Paleoclimatology: reconstructing climates of the quaternary*. [versión electrónica] San Diego: Academic Press.
- Caballero, C., Hernández, B., Moreno, H., Hernández, C., Campero, L., Cruz, A y Lazcano, E. (2007.) *Obesidad, actividad e inactividad física en adolescentes de Morelos, México: un estudio longitudinal*. [versión electrónica] ALAN Septiembre.
- Chávez, F. (2002). *Zona Variable de confort térmico*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña, España.
- Conde, C. & Gay, C. (2008). *Guía para la generación de escenarios de cambio climático a escala regional*. Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. D.F. México. 105 P
- Conde, C. & Palma, B., (2007). Escenarios de riesgo para el territorio veracruzano ante un posible cambio climático. En A. Tejeda y C. Rodríguez (coords.), *Inundaciones 2005 en el estado de Veracruz*. Universidad Veracruzana, Xalapa, disponible en: http://www.ine.gob.mx/cclimatico/dif_veracruz.html
- Córdova, K. (2012). *Geotecnología espacial aplicada al estudio del fenómeno de islas térmicas urbanas. Una contribución al estudio de la dinámica socioambiental de las islas de calor urbano de la ciudad de Caracas*. Tesis Doctoral en Arquitectura. Universidad Central de Venezuela.
- Critchfield, H., (1974). *Climate and human comfort*. London: Prentice-Hall.
- Díaz, A. (2011). *La obesidad en México*. Fundación Este País. Recuperado el 3 de marzo de 2011 de <http://estepais.com/site/wp-content/uploads/2011/03/>
- Duarte, C. (Coord.). (2006). *Cambio Global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. España: CSIC.

- Dubois D, Dubois E.(1916). A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known.[versión electrónica] *Arch Intern Med* ;17:863-71
- EPA. (2008). *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies:EnvironmentalProtection Agency. U. S.* Recuperado el 5 de marzo de 2014, de <http://www.epa.gov/heatisld/resources/compendium.htm>
- Europea Id. (2009). *Cambio climático en América Latina*. Recuperado el 7 de marzo de 2014, de http://ec.europa.eu/europeaid/where/latin-america/regional-cooperation/euroclima/documents/cambio_climatico_en_america_latina_es.pdf
- Fernández, A. (2002). *Propuesta de un modelo de adaptación para predecir la temperatura de neutralidad, en edificios de oficinas ventilados de manera natural, con base en los resultados de proyectos de investigación ASHRAE RP-884. En Memoria de la XXVI Semana Nacional de Energía. Chetumal: Asociación Nacional de Energía Solar.*
- Fernández, F. (2009). *Ciudad y cambio climático: aspectos generales y aplicación al área metropolitana de Madrid.*[versión electronica] *Investigaciones Geográficas*. 49: 173-195.
- GDF. (2014). *Programa de Acción Climática de la Ciudad de México 2014-2020*. México D. F.: Gobierno del Distrito Federal.
- GIVONI, B. (1976): *Man, Climate and Architecture*. Van Nostrand Reinhold. New York
- Gómez, G., Bojórquez, G., Ruiz, R. El confort térmico: dos enfoques teóricos.[versión electrónica] *Palapa*, vol. II, núm. I, enero-junio de 2007, p. 45-57.
- Höppe,P., (1999). The physiological equivalent temperature— a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment.[version electrónica] *Int J Biometeorol* 43:71–75.
- Howard, L. (1818). *The climate of London deduced from Meteorological Observations, made at the different places in the neighbourhood of the metropolis*. Vol 1. London. Recuperado el 9 de marzo de 2013, de http://urban-climate.org/documents/LukeHoward_Climat-of-London-V1.pdf
- INECC. (2013). Cambio climático por estado y sector. Instituto Nacional de ecología y cambio Climático. Recuperado el 26 de septiembre de 2013, de http://www2.inecc.gob.mx/cclimatico/edo_sector/sector/sector.html,
- INEGI. (2010). Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI, Recuperado el 2 de mayo de 2014 de <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/>
- IPCC. (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M.

Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

- IPCC.(2007): *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo de redacción principal: Pachauri,R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 págs.
- Jáuregui, E. (Coord.).(2008). *Asentamientos humanos: Bioclima, isla de calor y consumo eléctrico*. [versión electrónica] INECC.
- Jáuregui, E.(1993). México City's heat island revisited, [versión electrónica *Erdkunde*, 47.185-195.
- Kalkstein, L. (1991). A new approach to evaluate the impact of climate upon human mortality. *Environmental Health Perspectives*. Num. 96: 145-50. Recuperado el 3 de agosto de 2014, de <http://www.ciesin.org/docs/001-330/001-330.html>
- Lema, Irina.(2002). *El cambio climático y la salud humana*. [versión electrónica Gaceta Ecológica (octubre-diciembre).
- Macera, O & Salazar, A. (2010). *México ante el cambio climático. Resolviendo necesidades locales con impactos globales*. [versión electrónica Documento de trabajo. Enero 2010.
- Magaña, V. (2013). *Guía metodológica para la evaluación de la vulnerabilidad ante cambio climático*. Instituto Nacional de Ecología, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. México, D.F.
- Martínez, J. & A. Fernández (comps.).(2004). *Cambio Climático: Una visión desde México*. México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
- Matzarakis, A. & Mayer, H. 1996. *Another kind of environmental stress: Thermal stress*. WHO collaborating centre for Air Quality Management and Air pollution Control. NEWSLETTERS 18, 7–10
- Matzarakis, A. (1999). Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature [versión electrónica]. *International Journal of Biometeorology*. Vol 43:76–84.
- Matzarakis, A. (2007). Climate, human comfort and tourism. En: Amelung, B., Blazejczyk, K., Matzarakis, A., (eds.) *Climate Change and Tourism: Assessment and Coping Strategies*. 139-154.
- Moreno, M. (1992). *Unas notas históricas acerca de la climatología urbana*. Notas de Geografía Física. España: Universidad de Barcelona.
- Moreno, M. .1999). *Climatología Urbana*. Textos docentes.España: Universidad de Barcelona.
- Nájera, O., González, M.C., Rodríguez, L. y Victorino, C. (2007). Sobre peso y obesidad en población adulta de dos centros comunitarios de

salud de la Ciudad de México. [versión electrónica]. *Revista Biomed*; 18: 154-160. Departamento de Atención a la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México, D.F.

- OCDE. (2014). *Estadísticas de la OCDE sobre la salud 2014*. México: Organización para la Cooperación y el Desarrollo económico. Recuperado el 20 de abril de 2014, de www.oecd.org/health/healthdata.
- Oke, T. R. (1987). *Boundary Layer Climates*. Segunda edición. Taylor and Francis. 435 p.
- Oke, T. R., Spronken-Smith, R., Jauregui, E., Grimmond, C. (1999). Recent energy balance observations in Mexico City [versión electrónica]. *Atmos. Env.* 33, 3919–3930
- OMM. (2007). *Función de las normales climatológicas en un clima cambiante..* Ginebra: Organización Meteorológica Mundial. Recuperado el 5 de junio de 2013 de http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:PIBgqx6taCcJ:www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcdmp/wcdmp_series/documents/TheroleofclimatologicalnormalsinachangingclimateSp.doc+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx
- ONU-HABITAT. (2011). *Las Ciudades y el Cambio Climático: Orientaciones para políticas. Informe Mundial sobre asentamientos humanos 2011. Resumen Ejecutivo*. Programa de las Naciones Unidas para los asentamientos Humanos. Recuperado el 20 de octubre de 2013 , de <http://unhabitat.org/?wpdmac=process&did=NDI0LmhvdGxpbms=>
- Organización Internacional del Trabajo (Ed.).(1998). *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. España
- Petersson, M., Marrero M., Taboada C., (2010). Cambio climático y salud humana. *Revista Médica Electrónica*. Recuperado el 26 de septiembre de 2014, de <http://www.revmatanzas.sld.cu/revista%20medica/ano%202010/vol4%202010/tema09.htm>.
- Rodríguez, E. & Pérez, A.(2010). *Factores de dinámica social asociados al índice de masa corporal en adultos en México*. *Estudios Económicos*, vol. 25, núm. 2, julio-diciembre, pp. 337-362, El Colegio de México, México.
- SEMARNAT .(2009). *Cambio climático. Ciencia, evidencia y acciones*. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología. Recuperado el 5 de abril de 2014, de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/656/futuro.pdf>
- SEMARNAT. (2006). *Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología.
- SEMARNAT.(2005). *Informe Climatológico Ambiental del Valle de México 2005*. Gobierno del Distrito Federal. Recuperado el 5 de febrero de

2014, de
<http://www.sma.df.gob.mx/sma/download/archivos/informeclimatologico/informeclimatologico.pdf>

- Serra, J. (2007). *Estudio de la isla de calor de la ciudad de Ibiza*. Investigaciones Geográficas, Universidad de Alicante. España.
- Tornero, J., Pérez, A., Gómez, F. (2006). Ciudad y confort ambiental. Estado de la cuestión y aportaciones recientes. [versión electrónica]. *Cuadernos de Geografía*, N° 80, pp 147-182. Valencia, España.
- Torres, J.(2010). *Climatización considerando el ahorro de energía y el confort térmico de las personas en ambientes dedicados a tareas de oficina*. Tesis doctoral .Universidad Tecnológica Nacional. Santa Fe, Argentina.
- Valera, F. (2002). El tiempo y el clima como condicionantes de las actividades humanas. [versión electrónica]. *Revista Contraclave*. España
- Vidal, R. (2001). *Climatología de los inviernos en México*. Tesis doctoral. Posgrado de Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Villanueva S., Ranfla A., Quintanilla M.(2013). Isla de Calor Urbana: Modelación Dinámica y Evaluación de medidas de Mitigación en Ciudades de Clima árido Extremo.[versión electrónica].*Información Tecnológica*. Num. 24,15-24
- Voogt, J.& Oke, T.(2003). Thermal remote sensing of urban climates. Remote Sensing of Environment.[version electronica] *Urban Modelling*. Vol 86, 370–384