

Universidad Autónoma Metropolitana - Unidad Azcapotzalco
División de Ciencias y Artes para el Diseño
Posgrado en Diseño – Línea: Arquitectura Bioclimática

MODELO DE ANÁLISIS CLIMÁTICO Y DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO PARA DIFERENTES REGIONES DE LA REPÚBLICA MEXICANA

Víctor Armando Fuentes Freixanet

Tesis para optar por el Grado de Doctor en Diseño
Línea: Arquitectura Bioclimática

Miembros del Jurado:

Dr. Jan Bazant Sánchez - Presidente del Jurado

Dr. José Manuel Ochoa de la Torre - Secretario

Dr. José Diego Morales Ramírez – Vocal

Dr. David Morillón Gálvez - Director Externo

Dr. Manuel Rodríguez Viqueira - Director Interno

México, D.F. 1º de Junio 2009

Dedico este trabajo a

Erándeni y Ayari

INDICE GENERAL

Epítome

1	Construcción del Marco Teórico	10
1.1	Introducción	11
1.1.1	Justificación	13
1.1.2	Objetivos	14
1.1.3	Hipótesis	14
1.1.4	Preguntas de Investigación	14
1.1.5	Metas	15
1.1.6	Tipo de investigación	15
1.2	Antecedentes	16
1.2.1	Biometeorología y arquitectura bioclimática	17
1.2.2	Principales estudios sobre biometeorología urbana	19
1.2.3	Biometeorología urbana en México	20
1.2.4	Confort Térmico	24
1.2.5	Índices de Confort	25
2	La Cartografía como herramienta de análisis bioclimático (modelo de análisis climático)	27
2.1	Tipos de mapas	28
2.2	Sistema de Coordenadas Geográficas	28
2.3	Mapas temáticos y el uso de capas transparentes	32
2.4	Programas de mapeo	33
2.5	Programas utilizados	33
2.6	Base de Datos	34
2.7	Modelo de interpolación usado para la generación de mapas	38
2.8	Tipo de proyección cartográfica utilizado	40
3	Regionalización del País (modelo de análisis climático)	41
3.1	Regionalización climática	42
3.2	Regionalización fisiográfica	50
3.3	Mapas Temáticos de la República Mexicana	52
3.3.1	Geográficos	52
3.3.1.1	Ubicación geográfica de estaciones	52
3.3.1.2	Mapa de altitud de estaciones	53
3.3.2	Climáticos	54
3.3.2.1	Mapa de presión atmosférica	54
3.3.2.2	Mapas de temperaturas	55
3.3.2.3	Mapas de oscilación térmica	60
3.3.2.4	Mapas de Humedad Relativa	62
3.3.2.5	Mapas de precipitación pluvial	64
3.3.3	Agrupación bioclimática	71
3.3.4	Índices de Confort	76

4	Estrategias de Diseño Bioclimático	109
4.1	La Zona de Confort	113
4.2	Periodo Frío	114
4.2.1	Promover Ganancias	114
4.2.1.1	Ganancias Solares	114
4.2.1.1.1	Ganancias Directas	114
4.2.1.1.2	Ganancias Indirectas	122
4.2.1.1.3	Calentamiento Solar Aislado	128
4.2.2	Evitar Pérdidas de Calor	128
4.2.2.1	Minimizar la infiltración	128
4.2.2.2	Restringir el flujo conductivo	129
4.3	Periodo Caluroso	130
4.3.1	Restringir Ganancias	136
4.3.1.1	Restringir Ganancias Solares	136
4.3.1.2	Minimizar el Flujo Conductivo	136
4.3.1.2.1	Masividad de Verano	136
4.3.1.2.2	Masividad con ventilación nocturna	137
4.3.1.3	Minimizar la infiltración	138
4.3.2	Promover Pérdidas	140
4.3.2.1	Promover la ventilación	140
4.3.2.2	Promover el enfriamiento evaporativo	144
4.3.2.3	Promover el enfriamiento radiante	146
4.3.2.4	Promover el Enfriamiento hacia la tierra	147
5	Síntesis Metodológica	150
6	Conclusiones	162
6.1	Consideraciones Finales	163
6.2	Conclusiones	165
6.3	Aportaciones de la Tesis	167
7	Bibliografía	169
	Anexos	
A.1	Glosario	181
A.2	Base de Datos de 700 ciudades de la República Mexicana	193
	Datos Climáticos	
	Datos de Confort	

Índice de Tablas

Tabla 1.	Ubicación geográfica de <u>algunas</u> ciudades del mundo en donde se desarrolla investigación sobre Arquitectura Bioclimática	11
Tabla 2.	Clasificación de la Biometeorología Humana.	18
Tabla 3.	Rangos y Sensaciones de acuerdo a la Temperatura Efectiva Estándar (SET)	84
Tabla 4.	Rangos y Sensaciones de acuerdo al índice de estrés de calor (HSI)	85
Tabla 5.	Escala de Discomfort (DISC)	86
Tabla 6.	Ecuaciones para la Sensación Térmica (TSENS)	88
Tabla 7.	Escala de Sensación Térmica (TSENS)	88
Tabla 8.	Escala de Voto Medio Pronosticado (PMV)	91
Tabla 9.	Requerimientos Bioclimáticos	112
Tabla 10.	Estrategias Bioclimáticas	112
Tabla 11.	Rangos de confort según Givoni.	113
Tabla 12.	Relación Insolación Temperatura	115
Tabla 13.	Formulas de Grados-Día de calentamiento	119
Tabla 14.	Fórmulas de Grados-Día de enfriamiento	133
Tabla 15.	Datos promedio de la temperatura del cuerpo (700 ciudades)	139
Tabla 16.	Rangos de temperaturas relativas del suelo	147

Índice de Figuras

Fig. 1	Temperatura efectiva en la República Mexicana Atlas Nacional de México. IG UNAM	22
Fig. 2	Bioclima promedio para enero. – (David Morillón)	23
Fig. 3	Factores de ahorro de aire acondicionado para mayo (Oropeza-Morillón)	23
Fig. 4	Sistema de coordenadas geográficas	28
Fig. 5	Modelo de la Tierra	29
Fig. 6	Sistema de Proyección cónica	30
Fig. 7	Sistema de Proyección Cilíndrica - normal	30
Fig. 8	Sistema de proyección cilíndrica – transversal y oblicua	31
Fig. 9	Sistema de proyección plana	31
Fig. 10	Tipos de proyecciones planas	31
Fig. 11	Esquemas de sobreposición de mapas	32
Fig. 12	Ejemplo de interpolación IDW	39
Fig. 13	Comparativo de métodos de interpolación	40
Fig. 14	Mapa Climático de México, según Köppen-García	42
Fig. 15	Regiones Climáticas de México	48
Fig. 16	Clasificación de las Regiones Naturales de México	50
Fig. 17	Provincias Fisiográficas	51
Fig. 18	Matriz de requerimientos bioclimáticos	72
Fig. 19	Matriz de agrupación bioclimática	72
Fig. 20	Gráfica de dispersión de 700 ciudades	75
Fig. 21	Carta Psicrométrica con líneas ET*	80
Fig. 22	Relación PMV-PPD	93
Fig. 23	Tipos de adaptación al clima interior	96
Fig. 24	Estrategias de Diseño Biclimático	111
Fig. 25	Diagrama psicrométrico con estrategias según Watson-Labs	112
Fig. 26	Zona de Confort	114
Fig. 27	Temperatura mínima < ZC invierno	117
Fig. 28	Temperatura media < ZC invierno	117
Fig. 29	Casos para la determinación de Grados-Día de calentamiento	120
Fig. 30	Retardo y amortiguación térmica	122
Fig. 31	Temperatura mínima < Masa de Invierno	126
Fig. 32	Temperatura media < Masa de Invierno	126
Fig. 33	Temperatura máxima > ZC verano	131
Fig. 34	Temperatura Media > ZC verano	132
Fig. 35	Casos para la determinación de Grados-Día de enfriamiento	134
Fig. 36	Límite de efectividad de la ventilación natural 1.5 m/s	143
Fig. 37	Límite de la efectividad de la ventilación para diversas temperaturas neutras	144
Fig. 38	Taxonomía de construcciones enterradas	148
Fig. 39	Esquema metodológico	151
Fig. 40	Cambios en la temperatura en el nivel del mar y en la cubierta de nieve	153
Fig. 41	Cambio experimentado por la temperatura a nivel mundial y continental	154
Fig. 42	Tendencia de la temperatura en la Cd. de México en el periodo 1906-2005	155
Fig. 43	Tendencia de la precipitación total anual en la Cd. de México. 1906-2005	155

Índice de Mapas

Mapa 1	Ubicación de estaciones (700 ciudades)	53
Mapa 2	Altitud	54
Mapa 3	Presión Barométrica	55
Mapa 4	Temperatura Media Anual	56
Mapa 5	Temperatura Máxima Anual	57
Mapa 6	Temperatura Mínima Anual	58
Mapa 7	Temperatura media del mes más caluroso	59
Mapa 8	Temperatura media del mes más frío	60
Mapa 9	Oscilación térmica anual	61
Mapa 10	Oscilación térmica diaria	62
Mapa 11	Humedad Relativa Media	63
Mapa 12	Humedad Relativa Máxima	63
Mapa 13	Humedad Relativa Mínima	64
Mapa 14	Precipitación total anual	65
Mapa 15	Precipitación del mes más lluvioso	66
Mapa 16	Precipitación del mes menos lluvioso	66
Mapa 17	Relación precipitación/temperatura	69
Mapa 18	Porcentaje de precipitación invernal	70
Mapa 19	Régimen de lluvias	71
Mapa 20	Temperatura media del mes más caluroso (3rangos)	73
Mapa 21	Precipitación Total anual (3 rangos)	74
Mapa 22	Agrupación Bioclimática	75
Mapa 23	Nueva Temperatura Efectiva ET* - temperatura media anual	78
Mapa 24	Nueva Temperatura Efectiva ET* - temperatura máxima del mes más caluroso	78
Mapa 25	Nueva Temperatura Efectiva ET* - temperatura mínima del mes más frío	79
Mapa 26	Temperatura Efectiva según Missenard – temperatura media	81
Mapa 27	Temperatura Efectiva según Lansberg – temperatura media	82
Mapa 28	Temperatura Efectiva Estándar (SET) – temperatura media	83
Mapa 29	Índice de estrés de calor (HSI)	85
Mapa 30	Índice de Discomfort (DISC)	86
Mapa 31	Índice de Sensación Térmica (TSENS)	87
Mapa 32	Voto Medio Pronosticado - temperatura media anual	91
Mapa 33	Voto Medio Pronosticado - temperatura máxima del mes más caluroso	92
Mapa 34	Voto Medio Pronosticado - temperatura mínima del mes más frío	92
Mapa 35	Porcentaje Pronosticado de Insatisfacción – temperatura media	94
Mapa 36	Porcentaje Pronosticado de Insatisfacción – temperatura máxima	94
Mapa 37	Porcentaje Pronosticado de Insatisfacción – temperatura mínima	95
Mapa 38	Temperatura de confort de Humphreys–Nicol. Ventilación natural. Temperatura media anual	97
Mapa 39	Temperatura de confort de Humphreys–Nicol. Ventilación natural. Temperatura media del mes más caluroso	97
Mapa 40	Temperatura de confort de Humphreys–Nicol. Ventilación natural. Temperatura media del mes más frío	98
Mapa 41	Temperatura de confort de Humphreys–Nicol. Aire Acondicionado. Temperatura media anual	99
Mapa 42	Temperatura de confort de Humphreys–Nicol. Aire Acondicionado. Temperatura media del mes más caluroso	99

Mapa 43	Temperatura de confort de Humphreys–Nicol. Aire Acondicionado. Temperatura media del mes más frío	100
Mapa 44	Temperatura de confort de Humphreys–Nicol. Efecto combinado. Temperatura media anual	101
Mapa 45	Temperatura de confort de Humphreys–Nicol. Efecto combinado. Temperatura media del mes más caluroso	101
Mapa 46	Temperatura de confort de Humphreys–Nicol. Efecto Combinado. Temperatura media del mes más frío	102
Mapa 47	Temperatura Neutra de Auliciems – temperatura media anual	103
Mapa 48	Temperatura Neutra de Auliciems – temperatura media del mes más caluroso	103
Mapa 49	Temperatura Neutra de Auliciems – temperatura media del mes más frío	104
Mapa 50	Temperatura Operativa de De Dear – Temperatura media anual	105
Mapa 51	Temperatura Operativa de De Dear – Temperatura media del mes más caluroso	105
Mapa 52	Temperatura Operativa de De Dear – Temperatura media del mes más frío	106
Mapa 53	Temperatura Neutra de Fernández-González - temperatura media anual	107
Mapa 54	Temperatura Neutra de Fernández-González - temperatura media mes caluroso	108
Mapa 55	Temperatura Neutra de Fernández-González - temperatura media mes frío	108
Mapa 56	Estrategia de calentamiento – Temperatura mínima del mes más frío por debajo de ZC	118
Mapa 57	Estrategia de calentamiento –2 Temperatura media del mes más frío por debajo de ZC	118
Mapa 58	Grados-Día de calentamiento – temperatura media anual	120
Mapa 59	Grados-Día de calentamiento – enero	121
Mapa 60	Grados-Día de calentamiento – junio	121
Mapa 61	Masa de Invierno – Temperatura mínima de enero < masa de invierno	127
Mapa 62	Masa de Invierno – Temperatura media de enero < masa de invierno	127
Mapa 63	Restringir flujo conductivo de calor	130
Mapa 64	Estrategia de Enfriamiento Temperatura máxima del mes más caluroso > ZC	131
Mapa 65	Estrategia de Enfriamiento Temperatura media del mes más caluroso > ZC	132
Mapa 66	Grados –Día de enfriamiento – temperatura media anual	134
Mapa 67	Grados-Día de enfriamiento – enero	135
Mapa 68	Grados-Día de enfriamiento – junio	135
Mapa 69	Restricción de la infiltración (ventilación)	140

Nota: Todos los mapas fueron desarrollados por el autor (VAFF)

EPÍTOME

Este trabajo pretende ampliar la visión de la arquitectura bioclimática al aplicar las técnicas utilizadas por la “Biometeorología Urbana” para el estudio de las múltiples interrelaciones que se presentan entre el ambiente humano y el ambiente natural. De esta forma se propone la utilización de las herramientas cartográficas como modelo de análisis climático, para determinar de los índices de confort y definir las estrategias básicas de diseño bioclimático en todos sus ámbitos de estudio: en el diseño urbano, diseño de espacios exteriores y diseño arquitectónico.

En el primer capítulo se hace la construcción del marco teórico. Aquí se presenta la justificación, los objetivos y la hipótesis de la tesis. También se definen los principios de la biometeorología y la arquitectura bioclimática. Si bien es cierto que el modelo propuesto puede abarcar estudios relacionados con el uso eficiente de la energía y estudios ambientales, este trabajo se centra en el bienestar y el confort humano.

El segundo capítulo expone los conceptos básicos de la cartografía, tipos de mapas y proyecciones y de manera fundamental la metodología utilizada para la generación de los mapas que se presentan en el resto de la tesis.

Aunque el modelo cartográfico puede ser aplicado en muy distintas escalas, esta tesis se enfoca en la generación y análisis de mapas a nivel de la República Mexicana. Se elaboró una base de datos de 700 ciudades de todo el país por medio de la cual se elaboraron todos los mapas presentados en la tesis.

En el capítulo tres se hace la regionalización del país. De manera general esta regionalización se elaboró desde el punto de vista climático, bioclimático y en función de los índices o requerimientos de confort.

El capítulo cuarto se dedica a la definición de estrategias básicas de diseño bioclimático, divididas en: zonas de confort, estrategias para el periodo frío, y estrategias para el periodo caluroso.

El documento finaliza con las conclusiones generales y en seguida se presenta toda la bibliografía consultada. Se incluyen como anexos un glosario de términos básicos y las bases de datos utilizadas para la elaboración de los mapas.

CONSTRUCCIÓN DEL MARCO TEÓRICO

1. CONSTRUCCIÓN DEL MARCO TEÓRICO

1.1 INTRODUCCIÓN

La propuesta de investigación que aquí se presenta pretende dar continuidad al trabajo desarrollado como tesis de maestría: *Metodología de Diseño Bioclimático – El Análisis Climático*¹. El objetivo de aquel trabajo fue el de sistematizar la información y estructurar los procesos de análisis y síntesis de la información en una metodología que permitiera, sobre todo, traducir la información procesada en estrategias generales de diseño. Si bien los objetivos fueron cubiertos de manera satisfactoria, el mismo trabajo permitió ver que existen amplias posibilidades para desarrollar nuevos tipos de análisis que permitan hacer una definición regional con un enfoque particular de arquitectura bioclimática y de esa manera poder definir las estrategias básicas de diseño específicas a los requerimientos regionales, algo necesario debido a las características geográficas y a la gran variedad climática que se presenta en la República Mexicana. De ahí la inquietud por desarrollar este trabajo.

El análisis climático es uno de los pasos más importantes de la metodología de diseño arquitectónico bioclimático, ya que el clima es un factor determinante del concepto de diseño espacial y formal. La forma, las proporciones, las orientaciones y distribución de los espacios, los materiales constructivos, texturas y colores, son (o deberían ser) definidos, en gran medida por las condicionantes climáticas y ambientales. Contar con un modelo adecuado facilitará el proceso de diseño bioclimático dando como resultado edificaciones integradas de manera más armónica con su medio ambiente.

La arquitectura bioclimática, desde que así fue nombrada por Víctor Olgyay, tiene prácticamente 40 años de existencia. Durante este tiempo se han desarrollado diversas metodologías enfocadas principalmente al análisis climático, al análisis de los niveles de confort, a la definición de estrategias de diseño, y a la evaluación de propuestas. No obstante, la mayoría de estas metodologías han sido desarrolladas principalmente por investigadores americanos y europeos, en países donde las condiciones geográficas y ambientales son muy distintas a las de la República Mexicana. Como referencia se puede citar:

Tabla 1. Ubicación geográfica de algunas ciudades del mundo en donde se desarrolla investigación sobre Arquitectura Bioclimática

Localidad	Latitud	Longitud	Altitud (m)	Temp. media anual ² (°C)
Nueva York, NY. USA	40°45' N	73°59' W	16	10.7
Atlanta, GA. USA	33°45' N	84°23' W	319	16.2
Los Ángeles, CA. USA	34°03' N	118°14' W	126	16.5
Montreal, QC. Canadá	45°32' N	73°38' W	41	7.2

¹ Fuentes F. Victor. 2002. *Metodología de Diseño Bioclimático – El Análisis Climático*- UAM- Azcapotzalco, CyAD. (Tesis de Maestría en Diseño).

² World Climate. www.worldclimate.com (Ene. 2005)

Londres, UK	51°30' N	07°34' W	15	11.7
Paris, Francia	48°51' N	02°21' E	37	10.5
Berlín, Alemania	52°31' N	13°24' E	45	9.1
Barcelona, España	41°23' N	02°10' E	34	16.2
Tel Aviv, Israel	32°03' N	34°45' E	14	19.4
Maracaibo, Venezuela	10°38' N	71°38' W	7	27.8
Buenos Aires, Argentina	34°36' S	58°25' W	26	16.6
Florianópolis, SC. Brasil	27°35' S	48°32' W	5	20.2
Brisbane, QLD. Australia	27°28' S	153°01' E	43	20.5
Sydney, NSW. Australia	33°52' S	151°12' E	41	17.5
Ciudad de México, México	19°24' N	99°12' W	2308	15.2

Se aprecia que la mayoría de los países en donde se desarrolla investigación en arquitectura Bioclimática se ubican en latitudes altas, no habiendo suficientes estudios desarrollados específicamente para las zonas tropicales. El factor de latitud es importante debido a que la radiación y asoleamiento de las edificaciones varía radicalmente. (En las zonas tropicales las edificaciones presentan asoleamiento en fachadas norte y sur en diferentes épocas del año, por lo que las estrategias de diseño deben considerar estas variaciones estacionales) Por otro lado la altitud de todas estas ciudades no sobrepasa los 350 msnm. Por lo que, generalmente, los estudios psicrométricos son elaborados para una presión atmosférica a nivel del mar. Esto es particularmente importante porque la mayoría de los análisis bioclimáticos se basan en las características psicrométricas del aire, y existen muy pocos estudio para características atmosféricas a grandes altitudes como las que se presentan en México.

La República Mexicana tiene características importantes que la diferencian de muchas otros países en donde se han desarrollado metodologías bioclimáticas. México tiene una superficie territorial continental de 1'964,375 km² comprendidos entre las latitudes 14° 32' 27" En la desembocadura del río Suchiate en Chiapas, hasta la latitud 32° 43' 06" en el Monumento 206, límite de Baja California con los Estados Unidos; Por lo que es atravesado por el Trópico de Cáncer en la latitud 23° 27'. En el otro sentido se ubica entre la longitud oeste 86° 42' 36" correspondiente a Isla Mujeres, hasta 118° 22' 00" en Isla Guadalupe³.

Las altitudes que se presentan ascienden desde los cero hasta los 5,747 msnm en la cima del pico de Orizaba. México presenta una línea costera de 11,122 km, de los cuales 7,828 km corresponden al Pacífico y 3,294 al Golfo de México y mar Caribe, presentándose diferencias climáticas importantes entre ambos litorales. El hecho de contar con dos frentes marítimos hace que se presenten vientos cargados de humedad que pueden llegar a cruzar el territorio de lado a lado proveniente de varias direcciones, a pesar de presentarse vientos dominantes alisios. Por otro lado, en el Territorio Nacional existen grandes cordilleras que originan mesetas con características fisiográficas y climáticas particulares (según el INEGI⁴ la

³ INEGI. 2007. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Información Geográfica, Datos Generales. Ubicación de México en el Mundo. Coordenadas extremas. <http://www.inegi.gob.mx> (Sep. 2007)

⁴ INEGI. 2007. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Información Geográfica, Datos Generales. Fisiografía. <http://www.inegi.gob.mx> (Sep. 2007)

República Mexicana se divide en 15 regiones o “provincias” fisiográficas; mientras que la clasificación climática de Köppen⁵ define 12 grupos y subgrupos climáticos), y la profesora Rosalía Vidal del Instituto de Geografía de la UNAM divide a la República Mexicana en 11 regiones climáticas⁶.

Todas estas características geográficas, entre otras, propician una gran variedad de regiones con climas y condicionantes ambientales muy diversas, que hacen difícil su estudio bajo una metodología genérica. Las diferentes herramientas metodológicas para la estimación y análisis de datos deben ajustarse en función de las distintas regiones climáticas y fisiográficas. De esta manera la definición de estrategias de diseño estará más acorde con la realidad.

1.1.1 JUSTIFICACIÓN

Si bien es cierto que existen algunas metodologías y herramientas de diseño bioclimático, éstas están enfocadas principalmente para ciudades ubicadas a poca altitud y en latitudes por arriba de los trópicos. De tal forma que existe poca información sobre las metodologías y herramientas de análisis y evaluación para regiones tropicales y de gran altitud.

En México existe una gran variedad de climas y características geográficas que hacen necesaria consideraciones metodológicas y de de análisis y evaluación particulares para cada región.

La norma energética 008 y el anteproyecto de la norma 020 de la CONAE⁷ son de aplicación a nivel nacional. Por un lado se presenta el problema de capacitación de los profesionistas relacionados con el diseño y construcción. Los cuales requerirán de herramientas prácticas y accesibles que les permitan desarrollar y evaluar sus proyectos y por otro lado, las normas están enfocadas únicamente a la evaluación de las características de la envolvente constructiva y a la transferencia de calor que se da a través de ésta, lo cual deja de fuera muchas otras estrategias de diseño bioclimático. Existe el riesgo de que los diseñadores traten de cumplir los requisitos de la norma descuidando el diseño ambiental integral, contemplado no sólo desde el punto de vista de uso eficiente y ahorro de energía sino también desde el punto de vista de confort integral e integración armónica con el medio ambiente.

Hacer una regionalización bioclimática de la República Mexicana y aplicar una metodología integral de análisis climático y definición de estrategias básicas de diseño, facilitará la labor de los arquitectos para diseñar bajo principios bioclimáticos integrales.

⁵ García, Enriqueta. 1964. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de copen. Serie Libros No. 6. Instituto de Geografía. UNAM. 5ª. edición. 2004. México, D.F.

⁶ Vidal Z. Rosalía 2005. Las Regiones Climáticas de México. Temas Selectos de Geografía de México. Instituto de Geografía de la UNAM, México, D.F.

⁷ CONAE. 2007. Comisión Nacional para el Ahorro de Energía. Normas Oficiales Mexicanas. Eficiencia Energética <http://www.conae.gob.mx/wb/> (Jul. 2007)

1.1.2 OBJETIVOS

- Hacer una Regionalización Bioclimática de la República Mexicana y definir las estrategias de diseño particulares para cada una de las regiones, con base en un modelo de análisis cartográfico.
- Establecer las herramientas que permitan definir las estrategias básicas de diseño bioclimático, de acuerdo a las distintas regiones bioclimáticas de la República Mexicana.

1.1.3 HIPÓTESIS

- Es posible hacer una regionalización con fines arquitectónicos a partir del análisis cartográfico, a través de mapas temáticos y la utilización de las herramientas de la bioclimatología.
- Contar con mapas de confort y de requerimientos bioclimáticos ayudará a definir las estrategias básicas de diseño para cada una de las regiones de la República Mexicana.
- A través de las herramientas y métodos de la arquitectura bioclimática es posible definir las estrategias básicas de diseño para cada una de las regiones de la República Mexicana.

1.1.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿Existen datos climatológicos suficientes y de calidad para realizar los mapas temáticos y a partir de ellos generar las estrategias de diseño regionales?

¿La escala utilizada permite definir estrategias de diseño regionales con una confiabilidad aceptable?

¿Las estrategias de diseño pueden ser generalizadas y aplicadas en función de los requerimientos de climatización?

¿Existe algún método para definir las estrategias de diseño que pueda ser utilizado de manera general, o es la utilización múltiple de herramientas las que permiten hacer dicha definición?

1.1.5 METAS

- *Regiones Básicas.*
Definir las regiones básicas de estudio, desde el punto de vista climático, fisiográfico y bioclimático.
Resultados o aportación: Regionalización Bioclimática de la República Mexicana
Definición de las áreas de estudio
- *Definición del Modelo.*
Definir el modelo y herramientas para el análisis climático regional.
Resultados o aportación: Definición de uno o varios modelos de análisis bioclimático aplicables a las condiciones regionales del país.
- *Estimación de Datos*
Definir los modelos y herramientas para la estimación de datos climáticos regionales cuando estos no estén disponibles.
Resultados o aportación: Definición de modelos y herramientas para la estimación de datos climáticos regionales.
- *Definición de Estrategias Básicas de Diseño.*
Definir las herramientas que permitan definir las estrategias básicas de diseño bioclimático como resultado lógico de los análisis precedentes.
Resultados o aportación: Proponer las herramientas para la definición de las estrategias de diseño bioclimático.

1.1.6 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El trabajo se desarrollará a través de investigación documental y analítica

1.2 ANTECEDENTES

El estudio del efecto que ejercen los elementos del clima y los factores ambientales sobre los seres vivos, y su relación con la arquitectura se remonta a los antiguos griegos. Ya Sócrates⁸ (470 a.C. 399 a.C.) señalaba que una casa debe ser al mismo tiempo bella y útil y que “cualquiera que se proponga construir una casa debe planear hacerla tan agradable y útil como sea posible”, también mencionaba que la casa ideal debería ser fresca en verano y cálida en invierno, explicando que “en las casas orientadas al sur, el sol penetra por el pórtico en invierno, mientras que en verano el arco solar descrito se eleva sobre nuestras cabezas y por encima del tejado, de manera que hay sombra”. Del mismo modo Hipócrates⁹, (460 a.C. 377 a.C.) el llamado “padre de la medicina” establece la importancia que tienen los elementos climáticos y su influencia sobre la salud de las personas y sugiere que consideraciones tales como el clima de una población, el agua o su situación en un lugar en el que los vientos sean favorables son elementos que pueden ayudar al médico a evaluar la salud general de sus habitantes. Más adelante Marco Lucio Vitruvio (70 a.C. 25 a.C.) en su tratado “*los diez libros de la arquitectura*”¹⁰ retoma la relación que existe entre el clima y la arquitectura y define las normas básicas de diseño. Menciona que “las construcciones particulares estarán bien distribuidas, si desde el principio se ha tenido en cuenta la orientación y el clima del terreno en donde se van a edificar; porque está fuera de duda que habrán de ser diferentes las edificaciones que se hagan en Egipto de las que se efectúen en España; distintas las que se hagan en Ponto de las que se construyan en Roma...”

El acondicionamiento de los espacios se ha dado a través de la historia en muchas civilizaciones, tanto de manera pasiva a través del simple diseño de los espacios como con la utilización de diversos elementos tecnológicos que ayudan a regular las condiciones ambientales extremas y de esa forma permitir tener espacios con ambientes térmicos más adecuadas. Por ejemplo, los antiguos egipcios utilizaban mantas humedecidas en los vanos de las puertas y ollas de barro poroso llenas de agua para promover el enfriamiento evaporativo y de esa forma climatizar sus habitaciones. En Irán, desarrollaron la torre eólica, las cisternas y congeladores (generadores de hielo) desde los años 900 a.C.¹¹. En el siglo VIII, Al-Mahdi de Bagdad¹² (reinado 775-785 d.C.), hacía colocar bloques de hielo en medio de muros dobles para enfriar su palacio durante el verano. Del mismo modo los romanos conservaban nieve y bloques de hielo en depósitos excavados en la tierra y aislados con madera y paja, para poder utilizarlos durante el verano, mientras que en el invierno consumían grandes cantidades de madera para climatizar sus habitaciones, etc.

Sin embargo, el aire acondicionado central que conocemos hoy en día se basó en los sistemas de refrigeración para la conservación de alimentos, diseñado a mediados y finales de siglo XIX. El primer sistema central fue desarrollado en 1902 por Willis Haviland Carrier en Estados Unidos¹³ para solucionar problemas de temperatura y humedad en una imprenta, ya que los papeles y las tintas se veían afectados por las variaciones ambientales haciendo difícil controlar la impresión. Como se ve, el aire acondicionado surgió para solucionar problemas industriales y de conservación de alimentos, sin

⁸ Xenophon (Jenofonte) 1998. The Memorabilia Chap. VIII. WWS. Washington, USA.

⁹ Tratados Hipocráticos. 1986. *Sobre los Aires, Aguas y Lugares*. Vol. II Editorial Gredos, Madrid, España.

¹⁰ Vitruvio. 1987. *Los Diez Libros de la Arquitectura*. Ediciones Akal, Madrid, España.

¹¹ Mehdi N. Bahadori. 1978. Sistemas pasivos de refrigeración en la arquitectura iraní. *Investigación y Ciencia*, Cientific American. España. Abril 1978.

¹² Rachel Dickinson. 2002. A Cool History. The Christian Science Monitor. August 6, <http://www.csmonitor.com/2002/0806/p18s02-hfks.html>

¹³ Greatest Engineering Achievements of the 20th Century. 2007. Air conditioning and refrigeration. http://www.greatachievements.org/greatachievements/ga_10_3.html

embargo, rápidamente fue adoptada por todos los géneros arquitectónicos. Esto obligó a que los ingenieros de aire acondicionado a definir rangos “de operación” de los equipos en función de los requerimientos específicos de las edificaciones. Para definir estos rangos de confort u operación se involucraron médicos, fisiólogos, psicólogos y otras disciplinas.

1.2.1 Biometeorología¹⁴ y Arquitectura Bioclimática

No es sino hasta mediados de los años 60's que surge de manera formal la Bioclimatología, rama de la climatología que se encarga de manera particular del estudio de las relaciones entre los elementos climáticos y los seres vivos. De esta forma la bioclimatología tiene varias divisiones. Se puede hablar de bioclimatología vegetal, o de manera particular, la forestal o agrícola; la bioclimatología animal, y de manera particular, la humana. La tabla 1 muestra las subdivisiones de la Biometeorología Humana. Si bien el término bioclimatología se refiere al estudio de las interrelaciones que se dan entre el clima y los seres vivos, el término bioclimático (a) es el adjetivo que establece la consideración de dichas relaciones.

De tal forma la arquitectura “*bioclimática*” surge como disciplina específica a mediados de los años sesentas con los hermanos Olgyay¹⁵, quienes lograron recapitular el conocimiento generado por las diversas disciplinas que de manera separada estaban estudiando los aspectos de acondicionamiento de los espacios, los criterios de confort y los efectos ambientales sobre las personas, en términos de diseño arquitectónico. Respecto a la metodología de diseño los hermanos Olgyay dicen: “El procedimiento deseable será trabajar con y no contra las fuerzas naturales y hacer uso de sus potencialidades para crear mejores condiciones de vida... El procedimiento para construir una casa climáticamente balanceada se divide en cuatro pasos, de los cuales el último es la expresión arquitectónica. La expresión debe estar precedida por el estudio de las variables climáticas, biológicas y tecnológicas...”.

Sin bien es cierto que la arquitectura debería llevar implícita el manejo de estas variables, climáticas, biológicas y tecnológicas, la realidad de los años recientes ha mostrado una inclinación marcada hacia los aspectos tecnológicos descuidando aquellos de tipo climático-ambiental y aquellas de tipo biológico enfocadas a la consecución del bienestar y confort natural de las personas. De tal manera, el término “bioclimático”, propuesto por los hermanos Olgyay, surge como el adjetivo calificativo que trata de enfatizar a aquella arquitectura que aprovecha todos los factores climáticos y ambientales del sitio de emplazamiento con el fin de lograr condiciones de bienestar y confort para los usuarios, haciendo, al mismo tiempo un uso eficiente de la energía y los recursos naturales y que impacta lo menos posible al entorno o ecosistema en que se ubica.

A partir de la metodología propuesta por los hermanos Olgyay, basada en la carta bioclimática, han surgido varias herramientas de análisis para la definición de estrategias de diseño y se han hecho numerosos estudios para establecer los rangos de confort específicos a una población, grupo o “muestra” de individuos. Si bien ha habido grandes avances en ciertos campos, no se han aprovechado de manera amplia las herramientas que nos ofrece la biometeorología para definir zonas o regiones homogéneas o similares en términos climáticos y de requerimientos de confort para la definición de estrategias de diseño regionales.

¹⁴ De forma más genérica, “*la Biometeorología es una ciencia interdisciplinaria que estudia las interrelaciones entre los procesos atmosféricos (físicos y químicos) y los seres vivos*”. International Society of Biometeorology. 2007. <http://ags.ou.edu/%7eiseb/home.html> ; De tal forma, bioclimatología es parte de la biometeorología y se encarga del estudio de la interrelación entre los fenómenos climáticos y los seres vivos.

¹⁵ Olgyay, Victor y Aladar. 1963. *Design with climate*. Princeton University Press. U.S.A.

Tabla 2. CLASIFICACIÓN DE LA
BIOMETEOROLOGÍA HUMANA¹⁶

<p>1 Biometeorología Fisiológica</p> <ul style="list-style-type: none"> a Biometeorología fisiológica general b Biometeorología geográfica c Biometeorología etnológica d Bioclimatología de aclimatación 	<p>Efecto de los factores meteorológicos y el clima sobre la salud del hombre</p>
<p>2 Biometeorología Social</p> <ul style="list-style-type: none"> a Biometeorología social general b Biometeorología Psicológica (incluye biometeorología estética) c Biometeorología Arqueológica 	<p>Efecto de los factores meteorológicos y el clima sobre los hábitos sociales del hombre</p>
<p>3 Biometeorología Patológica</p> <ul style="list-style-type: none"> a Biometeorología Patológica general b Patología meteorológica c Patología climatológica d Biometeorología contaminación del aire <ul style="list-style-type: none"> d1 Contaminación por partículas orgánicas (polen, esporas...) d2 Contaminación por partículas inorgánicas (polvo...) d3 Contaminación química d4 Biometeorología aerosol e Climatopatología Geográfica f Climatoterapia (Biometeorología terapéutica) <ul style="list-style-type: none"> f1 Climatoterapia general f2 Talasoterapia climatológica f3 Helioterapia f4 Termoterapia f5 Terapia aerosol y ionización f6 Socio-climatoterapia f7 Centros de salud climáticos f8 Cámaras climáticas de tratamiento g Biometeorología farmacológica 	<p>Efecto de los factores meteorológicos y el clima sobre las enfermedades y posibles terapias</p>
<p>4 Biometeorología Urbana</p> <ul style="list-style-type: none"> a Biometeorología Urbana general b Biometeorología Arquitectónica c Biometeorología Centros hospitalarios de rehabilitación 	<p>Aplicación de los efectos de los factores meteorológicos y el clima en la arquitectura y la planificación urbana</p>
<p>5 Biometeorología Náutica</p> <ul style="list-style-type: none"> a Biometeorología náutica general b Biometeorología de carga 	<p>Efectos fisiológicos y patológicos en el hombre y los animales en barcos en el océano</p>

¹⁶ Tromp S.W. 1957. *Human Biometeorology*. International Journal of Biometeorology Vol. 7 No.2 1963 pp.145-158
Adopted by the International Society of Biometeorology in July 1957.

1.2.2 Principales estudios sobre biometeorología urbana

Desde luego hay muchos estudios de meteorología humana, pero menos sobre meteorología urbana y arquitectónica y pocos con el enfoque actual de la arquitectura bioclimática. En una revisión de 249 artículos especializados el Ing. Jáuregui¹⁷ encontró que sólo 16 correspondían a bioclimatología urbana (6%), la mayoría se enfocaban en una descripción general del clima urbano, calidad del aire y modelos físicos de clima urbano. Y hace un resumen del periodo 1990-1998 en donde se encuentra que entre 758 artículos 53 pertenecen a bioclimatología urbana (7%). Entre los artículos mencionados los más interesantes son los estudios de disconfort térmico en Lisboa desarrollados por Andrade. H.¹⁸, en donde se calculan índices de confort utilizando las variables de temperatura, humedad y viento. Los estudios de Bauer. B.¹⁹. Respecto al impacto de los microclimas urbanos sobre las condiciones humanas y bioclimatológicas. En este estudio se hace un análisis de la disposición de los edificios, los espacios abiertos y las estructuras vegetales usando como ejemplo un conjunto habitacional de la ciudad de Leipzig, Alemania. El análisis del confort climático de Valencia, España llevado a cabo por Canet. J. y Pérez Cueva²⁰, quienes utilizan el índice de Terjung para definir el confort y las islas de calor de esa ciudad.

Similar al trabajo que aquí se presenta esta el desarrollado por Marie K. Svensson, Sofía Torzón y Sven Lindqvist²¹, en el cual se presenta un método para crear mapas bioclimáticos con la ayuda de un sistema de información geográfica. De esta forma se generan mapas de distribución espacial de temperatura fisiológica equivalente (PET) considerando las variables de temperatura y viento tomando como caso de estudio el área urbana de Göteborg en Suecia. Si bien los mapas generados proveen de una información muy valiosa, el trabajo no deriva en estrategias de diseño arquitectónico específicas para la consecución del confort.

En 1999 Mauricio Roriz²² de la Universidad de Sao Carlos en Brasil, presentó un estudio para hacer una zonificación bioclimática de Brasil. Dicha propuesta se basa en los métodos de Givoni y Mahoney. De manera particular utiliza la carta psicrométrica con distintas zonas de estrategias o requerimientos climáticos y analiza la incidencia de los datos climáticos de varias ciudades sobre cada una de las zonas. El mapa con la zonificación bioclimática corresponde a las zonas determinadas en la carta bioclimática.

¹⁷ Jáuregui, Ernesto. 1999. Bibliography on Urban and Building Climatology. Period 1996-1998 WMO Rapporteur on Urban/Building Climatology. Centro de Ciencias Atmosféricas, Universidad Nacional Autónoma de México.

¹⁸ Andrade, H. 1998. Summer thermal discomfort in Lisbon. Proceedings of the IGU Commission of Climatology. Evora

¹⁹ Bauer, B. 1998. Impact of Urban Microclimates on Human-biometeorological Conditions. Proceedings of the AAG 94th Annual Meeting, Boston, USA.

²⁰ Canet, J.; Pérez Cueva, A. 1998. Análisis del confort climático en Valencia. (Analysis of the climatic comfort in Valencia, Spain). Clima y ambiente urbano en ciudades ibéricas e iberoamericanas, Madrid, Spain, Parteluz, 343-356.

²¹ Marie K. Svensson, Sofía Torzón y Sven Lindqvist. 2003. A geographical information system model for creating bioclimatic maps - examples from a high, mid-latitude city. International Journal of Biometeorology. Vol. 47, No. 2 March 2003. p 102-112

²² Roriz, M. E. Ghisi and R. Lamberts. 1999. Bioclimatic Zoning of Brazil – A proposal based on the Givoni and Mahoney Methods. PLEA 1999 Proceedings of the 16th International Conference. Brisbane, Australia. Sept. 1999.

Erica Roberts²³ utiliza el programa Arcview y Spatial Analyst (mismo programa utilizado en este trabajo) para la elaboración de mapas de requerimientos de confort, de oscilación y retardo térmico, en un trabajo en donde define a través de estos mapas, programas de cómputo y guías, las herramientas de diseño para el uso eficiente de la energía en edificaciones habitacionales en Sudáfrica.

1.2.3 Biometeorología urbana en México

En México destacan los trabajos de Biometeorología Urbana desarrollados por los investigadores Ing. Jáuregui del Centro de Ciencias Atmosféricas de la UNAM y el Ing. Adalberto Tejeda de la Universidad Veracruzana. Algunos de sus trabajos son los siguientes:

Ernesto Jáuregui. Posible impacto de la urbanización sobre el clima térmico de algunas grandes ciudades de México²⁴, En donde se establece que las grandes ciudades de México han sufrido un aumento de temperatura en los últimos años debido al proceso de urbanización, lo que tiene implicaciones para la salud y bienestar humanos.

Ernesto Jáuregui y Adalberto Tejeda. Un escenario del confort térmico humano en la ciudad de México debido a las condiciones de CO₂²⁵. En este trabajo se hace una prospección de las tendencias de temperatura en la ciudad de México utilizando la Temperatura Efectiva de Missenard en donde se introducen las variables de temperatura humedad e incremento de CO₂.

Ernesto Jáuregui y Elda Luyando. Asociación a largo plazo entre la evaporación y las islas de calor urbanas en la ciudad de México²⁶. En este artículo se determinan los niveles evaporativos en 16 estaciones de la ciudad para establecer su correlación con las islas de calor. Se dice que hay un incremento en la evaporación debido al incremento de la intensidad de islas de calor provocadas por el incremento en el proceso de urbanización.

Ernesto Jáuregui. Aspectos del monitoreo del cambio climático local-regional en una región tropical²⁷. Aquí se estudia el proceso de urbanización y su efecto en la temperatura de las grandes ciudades de México. El efecto de islas de calor está aumentando rápidamente en ciudades como León y la ciudad de México.

²³ Roberts, Erica. 2004. Providing the basis for developing energy efficient housing design tools through the use of diurnal temperature swing and the difference between indoor and outdoor temperatures. Proceedings SB'04 Sustainable Building for Africa, Africa. SB015. CIB.
<http://www.sustainablesettlement.co.za/event/SBE2004/papers/SB015.pdf>

²⁴ Jáuregui, Ernesto. 2005. *Possible impact of urbanization on the thermal climate of some large cities in Mexico*, Revista *Atmósfera*, Vol. 18, No. 004, Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México. México

²⁵ Jáuregui, Ernesto & Tejeda Adalberto. 2001. *A scenario of human thermal comfort in Mexico City for 2CO₂ conditions*. Revista *Atmósfera*, Vol. 14, 2001 Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México. México

²⁶ Jáuregui, Ernesto & Elda Luyando. 1998. *Long-term association between pan evaporation and the urban heat island in Mexico City*. Revista *Atmósfera*, Vol. 11, 1998 Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México. México

²⁷ Jáuregui, Ernesto. 1992. *Aspects of monitoring local/ regional climate change in a tropical region*. Revista *Atmósfera*, Vol. 5, Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México. México

Ernesto Jáuregui, E. Romales. Efectos urbanos sobre la precipitación convectiva de la ciudad de México²⁸. Este estudio se basa en la influencia urbana sobre la precipitación. Se muestra como la precipitación ase ha incrementado en el centro urbano de la ciudad de México, mientras que se mantiene en los mismos niveles en las áreas suburbanas.

Ernesto Jáuregui. Desarrollo de las islas de calor en la Ciudad de México²⁹. En este estudio se muestra como se forman las islas de calor en la ciudad de México y se establece que éstas son más intensas durante la noche.

Ernesto Jáuregui y Adalberto Tejeda. Contrastes de humedad urbana-rural en la ciudad de México³⁰. Aquí se hace un estudio comparativo entre dos zonas urbanas y rurales de la Ciudad de México, y se analizan las temperaturas y humedades.

Adalberto Tejeda y David Rivas. El bioclima humano en urbes del sur de México para condiciones de duplicación de CO₂ atmosférico³¹. A partir de la temperatura efectiva se presenta un escenario de las condiciones del bioclima humano de ocho ciudades del sur de México con base en el aumento de CO₂.

Un elemento importante para el conocimiento de la bioclimatología de México son los mapas de temperatura efectiva desarrollados por el Ing. Jáuregui para el Atlas Nacional de México del Instituto de Geografía de la UNAM³².

²⁸ Jáuregui, E., Romales, E. 1996. Urban effects on convective precipitation in Mexico City. *Atmospheric Environment*, Oxford, England, 30(20): 3383-3389.

²⁹ Jáuregui, E. 1997. Heat island development in Mexico City. *Atmospheric Environment, Oxford, England*. 31(22): 3821-3831.

³⁰ Jáuregui, E.; Tejeda, A. 1997. Urban-rural humidity contrasts in Mexico City. *International Journal of Climatology, Chichester, UK*. 17(2): 187-196.

³¹ Tejeda, Adalberto y Rivas, David. 2003. El bioclima humano en urbes del sur de México para condiciones de duplicación de CO₂ atmosférico. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía UNAM No. 51, México*, p 37-52

³² Atlas Nacional De México. 2007. Tomo II. V. Medio Ambiente. Temperatura Efectiva en la República Mexicana. V.2.2 Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.

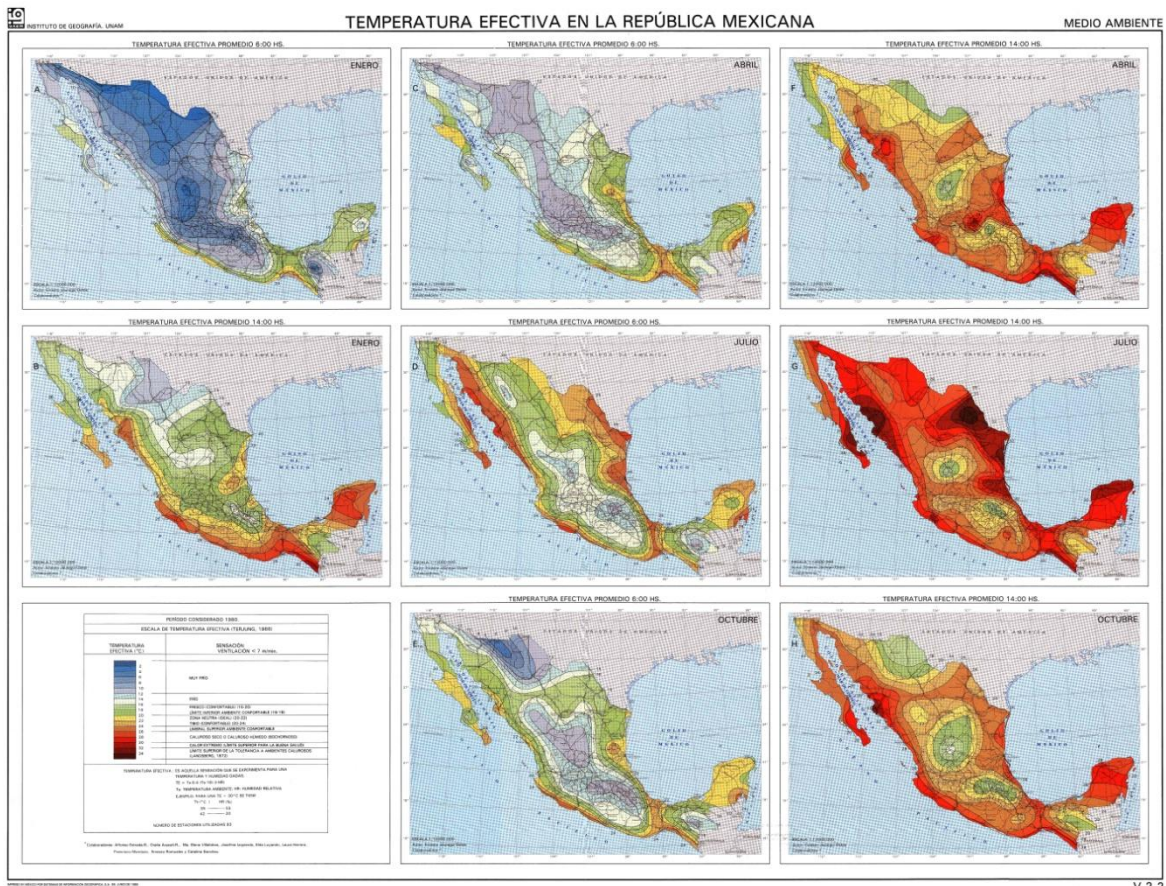


Fig. 1 Temperatura efectiva en la República Mexicana Atlas Nacional de México. IG UNAM

Otra investigación importante de mencionar es la desarrollada por Angulo, Muñoz y Barradas³³, quienes desarrollaron un estudio del Bioclima Humano en 16 ciudades del Estado de Tabasco basados en la temperatura efectiva.

Sin duda el trabajo más importante desde el punto de vista de la Arquitectura bioclimática es el desarrollado por David Morillón G.³⁴ En donde hace un análisis del clima de varias ciudades de la República Mexicana y desarrolla mapas bioclimáticos mensuales de la República Mexicana. Estos mapas se elaboran con base en la temperatura neutra de acuerdo a la fórmula de confort de Fanger y la adaptativa de Auliciems. Se muestran también, los requerimientos bioclimáticos de algunas ciudades a través de tablas con datos horarios de temperatura.

³³ Angulo-Córdoba, Muñoz-Orozco y Barradas-Miranda 2004. Estudio del Bioclima Humano en dieciséis localidades del Estado de Tabasco mediante el índice de confort Temperatura efectiva. Universidad y Ciencia. Vol. 20, No. 40 Dic, 2004. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México.

³⁴ Morillón G. David. 2004. Atlas del Bioclima de México. SID/644 Serie Investigación y Desarrollo. Instituto de Ingeniería de la UNAM. México. octubre 2004

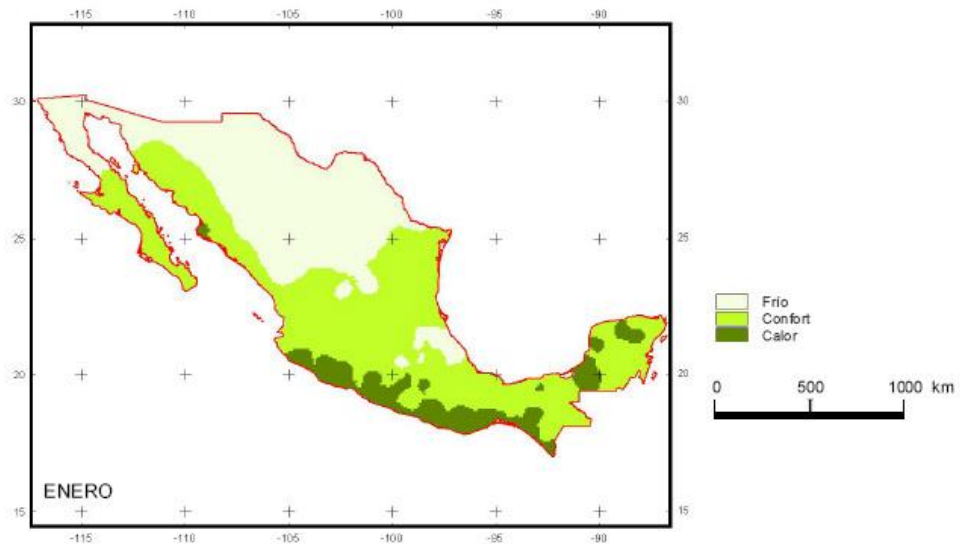


Figura 2. Bioclima promedio para enero. – (David Morillón)

Del mismo modo, Ivan Oropeza Pérez y David Morillón realizan un interesante “Estudio para el aprovechamiento de la ventilación natural en diversas ciudades de la República Mexicana³⁵”, a partir del cual establecen la factibilidad del uso de la ventilación natural con base en los ahorros de energía por concepto de aire acondicionado. A partir de los factores de ahorro, elaboran un “Atlas de ventilación natural” que define el potencial del uso de esta importante estrategia de diseño pasivo.

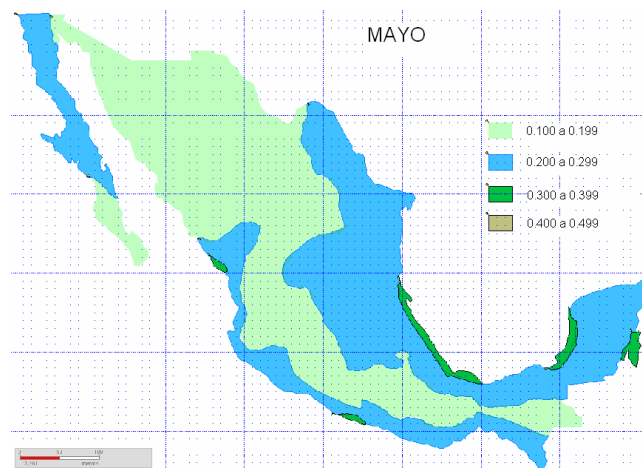


Figura 3. Factores de ahorro de aire acondicionado para mayo. – (Ivan Oropeza y David Morillón)

³⁵ Oropeza P., Iván y Morillón G., David. “Estudio para el aprovechamiento de la ventilación natural en diversas ciudades de la República Mexicana”. II Congresso Brasileiro de Energia Solar e III Conferência Regional Latino-Americana da ISES – Florianópolis, Brasil. Nov. 2008.

Como se puede apreciar, existe un número limitado de investigaciones en el área de la biometeorología urbana; Si bien muchas de estas investigaciones son relevantes, están enfocadas desde el punto de vista climatológico o atmosférico y cuando mucho llegan a definir el bioclima humano únicamente en términos de la temperatura efectiva de acuerdo a Missenard, pero no abordan los aspectos de arquitectura bioclimática, ni desde el punto de vista de confort ni en la definición de estrategias de diseño.

Por otro lado, la arquitectura bioclimática ha tenido avances importantes en la definición de herramientas para establecer las condiciones de confort. Hay un número importante de investigadores en el área de Arquitectura Bioclimática pero, debido a la carencia de información climatológica es necesario elaborar mapas temáticos, con distintos aspectos de climatología, confort y requerimientos bioclimáticos de la república mexicana, que apoyen a las investigaciones que se están desarrollando en el país. Existen muchos estudios en el campo del confort humano, desde las tendencias fisiológicas a una gama amplia de estudios adaptativos. Dichos conocimientos deben traducirse en herramientas prácticas de uso común al alcance de los investigadores, docentes, estudiantes y arquitectos en general.

1.2.4 Confort Térmico

De acuerdo al ASHRAE³⁶ (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.) *“el confort térmico es el estado mental que expresa satisfacción con el ambiente”* Como se puede apreciar es una definición amplia y a la vez ambigua, porque no se precisa el significado de “estado mental” ni como se define la “satisfacción”. Ciertamente definir el estado de confort es complejo ya que intervienen una gran variedad de variables físicas, fisiológicas y psicológicas. Tratar de definir índices de confort con base en todas esas variables no ha sido fácil.

Los primeros estudios de la sensación de confort con relación a las condicionantes ambientales se realizaron a finales de la Revolución Industrial. El Dr. W. Heberden³⁷ (1826) fue uno de los primeros científicos que relacionó la sensación de confort, no sólo con la temperatura, sino también con la humedad del aire. No obstante, tratar de definir una zona de confort en términos arquitectónicos surgió a partir de la invención del aire acondicionado. Si bien los fundamentos del aire acondicionado fueron establecidos por Lord Kelvin en 1842, fue hasta 1902 que Willis H. Carrier³⁸ aplicó esos principios para desarrollar el primer equipo comercial de aire acondicionado para una imprenta que tenía problemas para controlar la humedad que afectaba a los papeles que utilizaba. Distintas industrias, sobre todo de textiles, empezaron a demandar sistemas de aire acondicionado y poco a poco otro género de edificaciones: comerciales, de oficinas y finalmente de tipo habitacional también lo hicieron. De esta forma fue necesario definir rangos de temperatura y humedad adecuados para los procesos industriales y también para los ocupantes.

Es cierto que el aire acondicionado permitió al hombre emplazarse en lugares inhóspitos, ya que le permitía controlar en cierta medida las condiciones térmicas de los espacios interiores. Sin embargo surgieron con ello, varios problemas que en aquella época no se vislumbraban. Algunos de ellos relacionados con la salud de las personas y otros con el consumo energético... Pero quizá el problema más serio fue el hecho que los arquitectos se acostumbraron a diseñar automáticamente e

³⁶ ASHRAE Handbook 2001 Fundamentals. Atlanta, USA.

³⁷ W. Heberden. An Account of the Heat of July, 1825; together with Some Remarks Upon Sensible Cold. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Vol. 116, U.K. 1826, pp. 69-74

³⁸ Carrier. A United Technologies Company. Historia del Aire Acondicionado. <http://www.carrier.es/>

indiscriminadamente considerando el empleo de sistemas de aire acondicionado, aún incluso en situaciones donde éste no es requerido, desvinculando totalmente a la arquitectura de su entorno natural.

En 1923 Houghten y Yagloglou³⁹ ingenieros de los laboratorios de ASHVE (American Society of Heating and Ventilation Engineers) intentaron definir una “*zona de confort*” a partir de una temperatura efectiva considerando al aire quieto. Algunos años después Vernon y Warner⁴⁰ llevaron a cabo estudios empíricos con obreros y definieron un nomograma de temperatura efectiva corregida que consideraba la temperatura de globo (radiante), la temperatura de bulbo húmedo y la velocidad del viento. En 1963 el arquitecto Victor Olgyay⁴¹ fue el primero en incorporar los hallazgos de varias disciplinas (ingeniería, fisiología, medicina, geografía, y climatología) y traducirlos en intenciones prácticas en términos arquitectónicos. Es por ello que muchos consideran a Olgyay como el pionero de la arquitectura bioclimática.

1.2.5 Índices de confort térmico

El desarrollo de los índices de confort se ha venido desarrollado a lo largo del siglo XX hasta nuestros días principalmente de tres maneras: los índices empíricos, los racionales y los híbridos⁴²

Los índices empíricos se basan en fórmulas obtenidas estadísticamente con base en la aplicación de encuestas de sensación térmica en sujetos en ambiente libre. Los índices racionales se basan en ecuaciones obtenidas con base en el comportamiento fisiológico y el estrés térmico de sujetos evaluados en laboratorios o cámaras de ambiente controlado. Los índices híbridos se generan a partir de ecuaciones empíricas que incorporan algunos cálculos fisiológicos, o a la inversa, a partir de ecuaciones fisiológicas que incorporan algunas variables empíricas.

Las temperaturas de confort obtenidas por estos distintos índices pueden variar notablemente y generalmente es difícil conciliar los datos obtenidos por ecuaciones racionales con aquellas de tipo empírico⁴³.

En la actualidad existen básicamente dos tendencias. Los modelos de tipo “estático”, entre los que se encuentra el modelo PMV/PPD de Fanger, que aunque reconoce que “la sensación de confort puede estar influenciada por una variedad de factores culturales y de contexto, de manera primaria es el resultado de los intercambios de calor entre el cuerpo y el medio ambiente”⁴⁴. Ellos están determinados por cuatro parámetros básicos que constituyen el “ambiente térmico” (temperatura del aire, temperatura radiante, humedad y velocidad del aire) así como por dos parámetros personales (grado de arropamiento y nivel de actividad o grado metabólico).

³⁹ Houghten, F.C and Yagloglou, C.P. 1923. Determination of Comfort Zone. Transactions of American Society of Heating and Ventilation Engineers. ASHVE Vol. 29. USA.

⁴⁰ Vernon HM, Warner CG. 1932. The influence of the humidity of the air on capacity for work at high temperatures. Journal of Hygiene. Cambridge, UK. 1932. 32, 431–62.

⁴¹ Victor Olgyay. Design with Climate. 1963. Princeton University Press. New Jersey, USA.

⁴² Alfredo Fernández-González. 2003. *Historia de los Índices de confort térmico*. Estudios de Arquitectura Bioclimática Anuario 2003 Vol. V. Editorial Limusa UAM. Compilador Manuel Rodríguez Viqueira. México.

⁴³ Cf. Humphreys M. and Fergus Nicol. 1998. Understanding the Adaptive Approach to Thermal Comfort. ASHRAE Transactions 104 (1b) 991-1004 CA. USA.

⁴⁴ Olesen, B.W. & Brager, G.S. 2004. A Better Way to Predict Comfort: New ASHRAE Standard 55-2004. Center for the Built Environment, University of California, Berkeley. USA.

Dentro de este grupo destacan también los estudios desarrollados en Alemania por el Dr. Peter Höppe⁴⁵ a través de los modelos: MEMI (Munich Energy-Balance Model for Individuals) y el IMEM (Instationary Munich Energy-Balance Model)⁴⁶.

Por otro lado se encuentran los modelos adaptativos (de adaptación). “El principio adaptativo reconoce que las personas no son receptores pasivos de las impresiones sensoriales sino que es un participante activo en el equilibrio dinámico con el ambiente térmico. Por lo tanto las personas junto con su ambiente físico y social pueden ser consideradas como un sistema dinámico”⁴⁷.

De manera paralela a los estudios de confort está el desarrollo de herramientas para la definición de estrategias de diseño. Entre ellos resultan importantes los estudios realizados por Szokolay, para definir zonas de estrategias de diseño bioclimático específicas para cada localidad en función de la temperatura neutra, a través de la carta psicrométrica.

Sin embargo las técnicas de análisis meteorológico y las de tipo bioclimático, están de alguna manera desvinculadas. Es por ello que se considera importante este trabajo de investigación, que trata de vincular ambas técnicas para llegar a una regionalización de tipo bioclimático y a definir las estrategias de diseño básicas para cada una de ellas.

⁴⁵ Peter Höppe. 2002. Different Aspects of Assessing indoor and out door Thermal Comfort. Energy and Buildings 34. Elsevier. p. 661 – 665. Amsterdam, Holland.

⁴⁶ Cf. A. Matzarakis, F. Rutz & H. Mayer. 2000. RayMan. Modelling of Mean Radiant Temperature in Urban Structures – Calculation of thermal indices. University of Freiburg. Freiburg, Germany. <http://www.mif.uni-freiburg.de/rayman/>

⁴⁷ Humphreys M. and Fergus Nicol. 1988. Op. Cit.

LA CARTOGRAFÍA COMO HERRAMIENTA DE
ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO

2. LA CARTOGRAFÍA COMO HERRAMIENTA DE ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO

La cartografía es la disciplina que se ocupa del concepto, producción, difusión y estudio de mapas. Un mapa es una imagen simbólica de la realidad geográfica, representada por elementos o características seleccionadas, que es el resultado del esfuerzo creativo de sus autores en la elección de opciones, y siendo adecuado su uso cuando los datos espaciales son de alta relevancia.⁴⁸

2.1 Tipos de mapas

De manera simple existen dos tipos de mapas: Los físicos o geográficos (topográficos, orográficos) y los temáticos o que muestran temas específicos (políticos, climáticos, edafológicos, de vegetación, económicos, históricos, etc.)

Los mapas temáticos siempre van sobrepuestos a los físicos, ya que estos son los que nos dan la información de la ubicación geográfica a la que se refieren los primeros. Ya que los mapas representan gráficamente sobre un plano la superficie terrestre, es de suponer que la información gráfica se representa en forma “reducida” y de manera simplificada en función de la escala utilizada.

2.2 Sistema de Coordenadas Geográficas

Un sistema de coordenadas geográficas utiliza una superficie esférica tridimensional para definir la ubicación de un punto en la superficie terrestre. De tal forma un punto queda referenciado por sus valores de latitud y longitud. Las coordenadas geográficas son valores angulares que tienen su origen en el centro de la tierra. Latitud es el ángulo comprendido entre un punto sobre la superficie terrestre y el ecuador. Longitud es el ángulo formado por un punto y un meridiano de referencia. El meridiano de referencia que se usa en el sistema de coordenadas geográficas a nivel mundial a partir de 1884 es el que pasa el Real Observatorio de la ciudad de Greenwich⁴⁹, Inglaterra.

Tradicionalmente, desde entonces el primer meridiano o meridiano 0 es aquel que pasa por el centro de la veleta de edificio del observatorio, pero actualmente de acuerdo con los modernos sistemas geodésicos de referencia⁵⁰, el meridiano 0 pasa 100 metros al este del edificio.

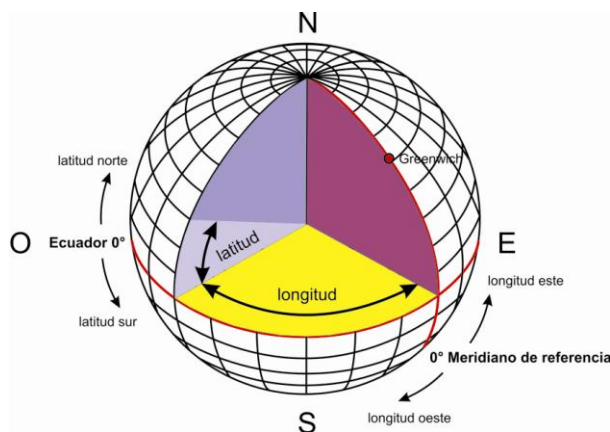


Fig. 4 Sistema de coordenadas geográficas

⁴⁸ International Cartographic Assosiation. <http://redgeomatrica.rediris.es/ica/> (Jun. 2007)

⁴⁹ Greenwich, Inglaterra está ubicada en la latitud: 51° 28' 38''; longitud: 00° 00' 00''

⁵⁰ World Geodetic System 1984 – WGS84

La Tierra es un cuerpo de forma irregular que puede ser inscrito en un esferoide definido por sus ejes y aplanamiento.

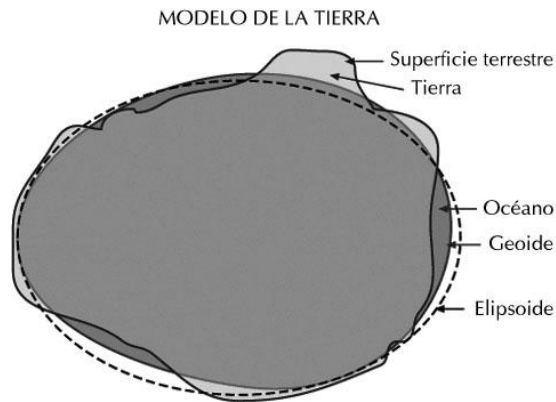


Fig.5 Modelo de la Tierra

De acuerdo al Sistema Geodésico Mundial (WGS84) las dimensiones terrestres son:

Eje semi mayor (ecuatorial): 6'378,137.00 m
Eje semi menor (polar): $\approx 6'356,752.31424518$ m

El aplanamiento queda expresado por la diferencia de longitudes expresada como fracción decimal del eje semi mayor, es decir:

$$f = \frac{(a - b)}{a}$$

Debido a que este valor es muy pequeño, generalmente se expresa como su inverso, $1/f$. De esta forma el aplanamiento terrestre es:

$$1/f = 298.257223563 \quad m$$

Mientras que la excentricidad es definida mediante:

$$e = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}}$$

Es decir que:

$$e = 0.0818191908426$$

De tal forma la circunferencia terrestre en el ecuador es de 40,075.017 Km.
Un minuto de latitud representa 1,852.243 m; y un minuto de longitud 1,310.811 m

Ya que los mapas son representaciones planas (bidimensionales) del esferoide terrestre. Existen distintos métodos de proyección para la elaboración de mapas. En términos generales éstos se agrupan, de acuerdo a la superficie que usan, en⁵¹:

- Proyección Cónica
 - 1 paralelo estándar
 - 2 paralelos estándar

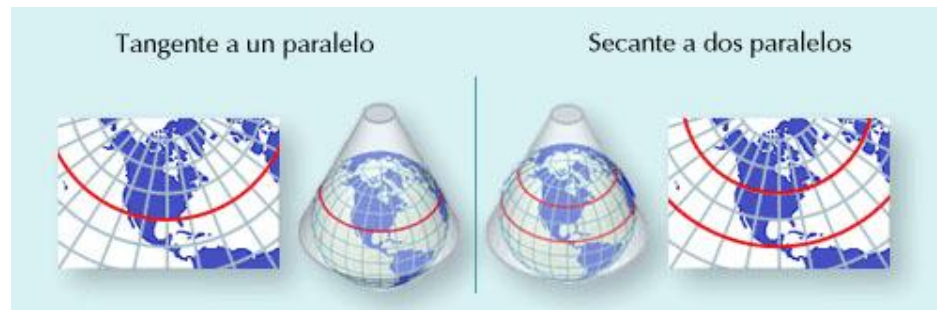


Fig.6 Sistema de proyección cónica

- Proyección Cilíndrica
 - Normal
 - Transversal
 - Oblicua

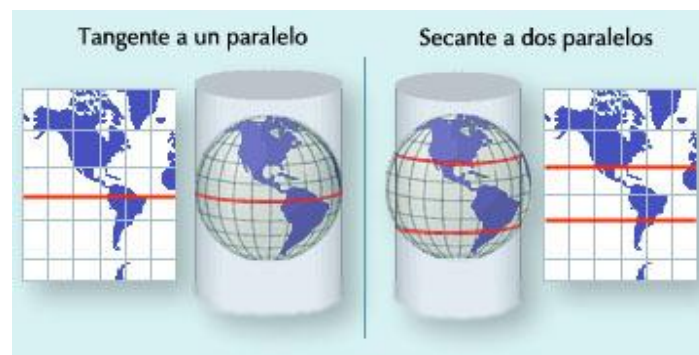


Fig.7 Sistema de proyección cilíndrica - normal

⁵¹ Kenedy, Melita and Kopp Steve. 2000. Understanding Map Projections. GIS by ESRI (environmental Systems Research Institute, Inc.) USA.

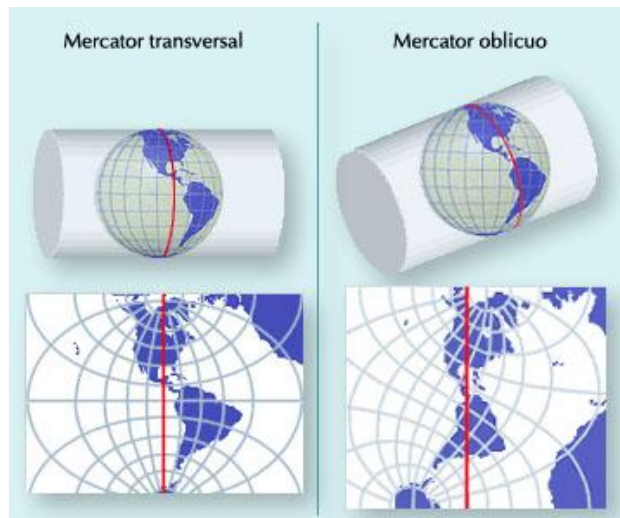


Fig.8 Sistema de proyección cilíndrica – transversal y oblicua

- Proyección Plana
 - Gnomónica
 - Esterográfica
 - Ortogonal

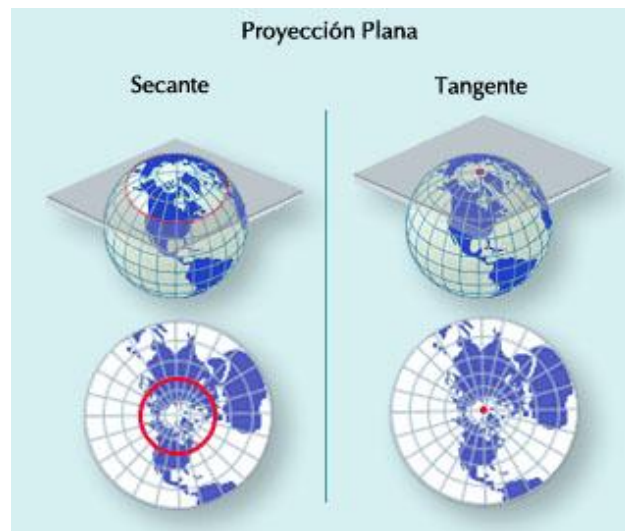


Fig.9 Sistema de proyección plana

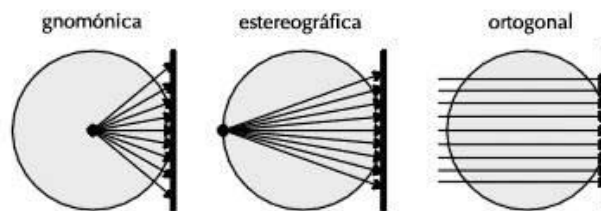


Fig.10 Tipos de proyecciones planas

Representar la superficie terrestre en dos dimensiones provoca distorsión en la forma, el área, la distancia o dirección de los datos. Cada una de las proyecciones provoca distinto tipo de distorsión. Algunas de las proyecciones están diseñadas para minimizar la distorsión en uno o dos de los datos. Por ejemplo, una proyección puede mantener el área pero alterar la forma o viceversa.

2.3 Mapas temáticos y el uso de capas transparentes

Ian McHarg⁵² es considerado como el pionero del movimiento ambiental en la planificación urbana y diseño del paisaje. Fue el primero en utilizar el método de mapas temáticos transparentes superpuestos en capas para el análisis y evaluación de distintos parámetros ambientales en la planificación. Este método fue presentado en 1969 en su libro *Design With Nature*⁵³ y a partir de entonces se convirtió en el método de análisis más utilizado por los planificadores y paisajistas de todo el mundo. La sobreposición de mapas ha adquirido gran importancia en la actualidad con los nuevos sistemas de información geográfica y la ayuda de las computadoras que permiten tener mayor precisión en la conformación de los mapas temáticos y el análisis de la información espacial.

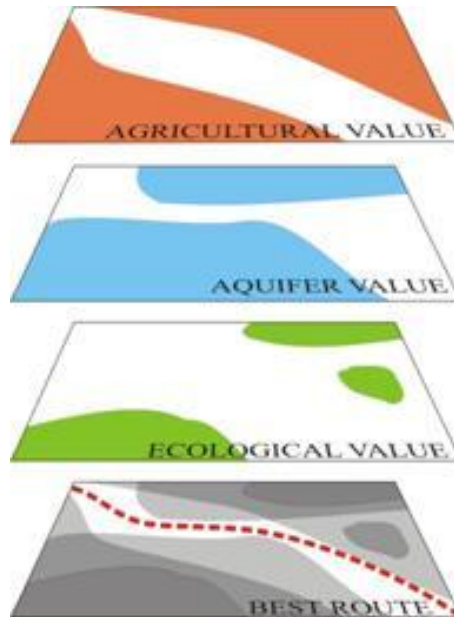


Fig.11 Esquema de sobreposición de mapas

⁵² Ian McHarg (1920-2001) Nació en Glasgow, Escocia. Después de la segunda guerra mundial llegó a la Universidad de Harvard. posteriormente creó el Departamento de Arquitectura del Paisaje en la Universidad de Pensilvania. Es considerado como uno de los pioneros en el movimiento ambiental en la planificación urbana y paisaje. Y es ampliamente conocido por la introducción de la sobreposición de mapas para el análisis y evaluación en planificación urbana.

⁵³ McHarg, Ian. *Design with Nature*. 1969. Natural History Press- Garden City. New York, US. (primera edición castellana: *Proyectar con la Naturaleza*. 2000. Editorial Gustavo Gili. Barcelona, España.)

Este método del manejo de la información permite, visualizar gráficamente, zonas homogéneas o heterogéneas, áreas de concurrencia o divergencia, fenómenos aislados o sobrepuestos espacialmente que permiten tener un conocimiento más preciso del comportamiento de todos los fenómenos ocurridos en un ámbito geográfico específico.

Aprovechando las ventajas de la sobreposición de mapas según McHarg, es que, en este trabajo se utiliza este método para el análisis de las variables climáticas, ambientales y particularmente aquellas de interés bioclimático.

2.4 Programas de mapeo

Existen en el mercado una gran variedad de programas para desarrollo cartográfico, los más conocidos son:

- XMap/GIS Software (XMap 4.5)⁵⁴
- Topo USA 6.0⁵⁵
- AGIS 1.73⁵⁶
- MapInfo⁵⁷
- OptiMap 7.0⁵⁸
- Map Maker⁵⁹
- ARC GIS 8.1⁶⁰

Todos ellos permiten hacer mapas de distintos tipos, y con distintas características y niveles de información, Sin embargo sólo algunos, como Map Info y Arc GIS permiten hacer análisis espaciales. Es decir introducir a los mapas una variable “z”, no sólo para visualización tridimensional del terreno, sino para el análisis de distintas variables.

De estos programas de mapeo se eligió ARC GIS debido a su accesibilidad, disponibilidad en México y posibilidades de entrenamiento en su utilización.

MAPEO DE DATOS CLIMATICOS

2.5 Programas Utilizados

El mapeo de los datos climáticos se realizó utilizando los programas de Arc-GIS: Arc Map, Arc Catalog y particularmente para la creación de mapas de superficie tipo Raster⁶¹, el programa Spatial Analyst; todos ellos de la compañía ESRI.

⁵⁴ DeLorme Innovative Earthmate GPS, Mapping Software, GIS Solutions, and Data. Yarmouth, ME 04096 USA. <http://www.delorme.com/>

⁵⁵ DeLorme Ib.id.

⁵⁶ AGIS Software. Franklin, Tasmânia, Austrália. <http://www.agismap.com/>.

⁵⁷ MapInfo. Troy, New Cork, USA. <http://www.mapinfo.com/>

⁵⁸ CORDA Technologies, Inc. 350 South 400 West, Suite 100 Lindon, Utah USA 84042. <http://www.corda.com/>

⁵⁹ Map Maker Ltd. Carradale, Kintyre Argyll, Scotland PA28 6SQ United Kingdom. <http://www.mapmaker.com/index.asp>

⁶⁰ ESRI. 380 New York Street, Redlands, CA 92373-8100. <http://www.esri.com/index.html>

⁶¹ Tanto los conjuntos de datos vectoriales como los raster, representan elementos geográficos o espaciales de diferente manera.

El término GIS se refiere a las siglas en inglés de Geographic Information System. Es decir que, los utilizados, son programas que integran un sistema de información geográfica, que usan modelos de representación geográfica creados a partir de bases de datos con información específica.

El programa genera una representación espacial (geográfica), vectorial o raster, de la información que recibe. En este sentido el programa está limitando a dicha información, a su precisión, cantidad y confiabilidad.

2.6 Base de Datos

La base de datos utilizada en este ejercicio fue creada a partir de los datos climáticos proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional, de la Comisión Nacional del Agua. Por razones de disponibilidad en algunos casos se tuvieron que usar datos de dos periodos diferentes. Los datos normalizados del periodo 1951–1980 y del periodo 1961-1990. Se utilizaron 700 ciudades de la Republica Mexicana⁶², las cuales fueron seleccionadas de manera discrecional, pero utilizando los siguientes criterios:

- Ciudades de importancia dado su tamaño, número de población o por jerarquía. Es decir se inició por seleccionar las ciudades capitales de estado, las ciudades con mayor número de población, y aquellas que tienen relevancia económica, política o administrativa.
- Ciudades que contaran con observatorio meteorológico o estación climatológica. Es decir ciudades con accesibilidad de datos para poder conformar la base de datos. Incluso dentro de las ciudades registradas por el Servicio meteorológico Nacional, hay muchas que cuentan con información parcial y que no cuentan con la totalidad de los datos mínimos requeridos.
- Ciudades que por su ubicación geográfica cubrieran lo más posible el territorio estatal. Es decir que hubiera dispersión dentro del territorio y no concentración de ciudades. Este criterio se utilizó con el fin de la generación de mapas de superficie fuera más adecuada. De hecho, la base de datos inicial que se utilizó contemplaba únicamente 500 ciudades, pero al generar los mapas se observó la presencia de zonas mal caracterizadas por la ausencia de datos. Por tal motivo fue necesario ampliar la base de datos. Cabe señalar que aún con la incorporación adicional de ciudades (200 casos) se siguen presentando algunas zonas con vacíos de información, pero se consideró que, en función de la escala manejada, no afectan la composición general de los mapas ni por tanto a las conclusiones que de ellos se generan.

Datos Vectoriales.

Los datos vectoriales representan elementos geográficos o espaciales con localización por medio de coordenadas (por ejemplo: latitud y longitud o valores x , y , z). Los elementos pueden ser con coordenadas discretas x , y o líneas y polígonos formados por una serie de valores coordenados tipo x , y , z .

Datos Raster.

Representación de una fuente de datos que usa una estructura tipo red para almacenar información geográfica. Los datos raster representan elementos geográficos o espaciales como un grupo de celdas organizadas en una matriz de renglones y columnas. Un elemento de punto, línea o área está representada por una o muchas celdas. De tal forma un conjunto de datos raster puede representar superficies de tipo espacial, donde cada celda puede almacenar valores únicos de elevación tipo z .

⁶² Como dato comparativo se puede decir que el “Atlas Nacional de México” elaborado por el Instituto de Geografía de la UNAM, está conformado por 1,800 observatorios meteorológicos y estaciones climatológicas.

Los parámetros que conforman la base de datos son los siguientes:

Datos Generales y de Ubicación Geográfica⁶³:

Nombre de la ciudad o localidad
Nombre del Estado
Latitud
Longitud
Altitud

Datos de clima:

Tipo de Clima según Köppen-García⁶⁴
Bioclima según Figueroa-Fuentes⁶⁵

Datos Mensuales y Anuales de⁶⁶:

Temperatura media
Temperatura media del mes más frío
Temperatura media del mes más cálido
Temperatura máxima
Temperatura mínima
Oscilación diaria
Oscilación anual
Humedad relativa media
Humedad relativa media del mes más seco
Humedad relativa media del mes más húmedo
Humedad relativa máxima⁶⁷
Humedad relativa mínima⁶⁷
Precipitación Pluvial total anual
Precipitación total del mes más lluvioso
Precipitación total del mes menos lluvioso

Datos Calculados⁶⁷

Porcentaje de precipitación invernal
Relación P/T (Precipitación / Temperatura)
Régimen de lluvias
Presión atmosférica media anual

⁶³ Datos del Servicio Meteorológico Nacional. Comisión Nacional del Agua.

⁶⁴ Clave obtenida según la metodología propuesta por la Maestra Enriqueta García. 1988. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen, Talleres Larios, México, D.F.

⁶⁵ Bioclima obtenido según la metodología propuesta por Figueroa-Fuentes. 1990. Criterios de Adecuación bioclimática en la arquitectura 7300. IMSS. México, D.F.

⁶⁶ Normales Climatológicas 1951-1980 y 1961-1990. Dirección General del Servicio Meteorológico Nacional. Comisión Nacional del Agua.

⁶⁷ Datos calculados

Datos de Confort⁶⁸:

Nueva temperatura efectiva (*ET)
Temperatura efectiva estándar (SET)
Grado de Discomfort (DISC)
Sensación Térmica (TSENS)
Voto medio pronosticado (PMV)
Porcentaje de insatisfacción pronosticado (PPD)
Estrés de Calor (HSI)
Temperatura corporal de la piel (Tsk)
Temperatura corporal interna (Tcr)
Grado metabólico (METAB)
Grado de estremecimiento (SHIV)
Pérdidas de calor evaporativo respiratorio (Eres)
Pérdidas de calor sensible respiratorio (Cres)
Pérdidas de calor seco de la piel (DRY)
Pérdidas totales de calor evaporativo de la superficie de la piel (ESK)
Almacenamiento de calor de la piel (SSK)
Almacenamiento de calor interno (SCR)
Flujo sanguíneo en la piel (SKBF)
Cantidad de sudoración (REGSW)

Temperaturas neutras y operativas en términos de confort:

Temperatura interior de confort según la fórmula de Humphreys (1998)⁶⁹ para edificios combinados
Temperatura interior de confort según la fórmula de Humphreys (1998)⁷⁰ para edificios con ventilación natural
Temperatura interior de confort según la fórmula de Humphreys (1975)⁷¹ para edificios con climatización artificial
Temperatura Neutra según la fórmula de Auliciems (1981)⁷²
Temperatura Operativa según la fórmula de De Dear y Brager (1998)⁷³
Temperatura Neutra según Fernández-González (1999)⁷⁴
Temperatura Efectiva según Missenard (1937)⁷⁵
Temperatura Efectiva según Landsberg (1997)⁷⁶

⁶⁸ Datos obtenidos del calculador de parámetros de confort. Dr. Richard De Dear. Macquarie University – Sydney, Australia. 1999. <http://atmos.es.mq.edu.au/~rdedear/pmv/>

⁶⁹ Datos calculados con base en la fórmula de Humphreys and Nicol 1998. ASHRAE Handbook Fundamentals 2001. p.8.18

⁷⁰ Datos calculados con base en la fórmula de Humphreys and Nicol 1998. Understanding the adaptive approach to thermal comfort. ASHRAE Transactions Vol. 104. (1b) p 991-1004 San Francisco CA. USA. 1998.

⁷¹ Datos calculados con base en la fórmula de Humphreys, M. A. *Fields Studies of thermal comfort Compares and Applied*. Building Research Establishment, Current Paper (76/75) Dept. of Environment. U.K. 1975.

⁷² Datos calculados con base en la fórmula de Auliciems, A. *Towards a psycho-physiological modelo f thermal perception*, International Journal of Biometeorology, Vol. 25 – No. 2; p.109-122. Springer Berlin, June, 1981

⁷³ Datos calculados con base en la fórmula de De Dear and Brager. ASHRAE. Handbook Fundamentals 2001. p.8.18

⁷⁴ Datos calculados con base en la fórmula de Fernández-González. 1999. *A New Thermal Comfort Index for Naturally Ventilated Office Buildings*. Eugene: Thesis for Master degree, Oregon University. USA.

⁷⁵ Missenard, Andre. 1937. *L'Homme et le climat*. Eyrolles, Paris France.

Índices térmicos:

Índice de Calor⁷⁷

Índice Humidex⁷⁸

Índice de viento frío⁷⁹

Nuevo índice de viento frío⁸⁰

Índice de viento frío de Steadman⁸¹

Índices de Temperatura Aparente (Australia)⁸²

⁷⁶ Jáuregui, E. and Soto, C. Wet-Bulb Temperatures and Discomfort Index Areal Distribution in México. International Journal of Meteorology Vol. 11, No. 1 1967. pp.21-28

⁷⁷ Chad Palmer - USA TODAY- Information Network. Heat Index.
http://www.vivoscuola.it/US/RSIGPP3202/umidita/attivita/humidity_formulas.htm

⁷⁸ Meteorological Service of Canada- Environment Canada. Canada
http://www.wul.qc.ec.gc.ca/meteo/Documentation/Humidex_e.html

⁷⁹ ASHRAE Handbook, Fundamentals 2001. ASHRAE, Atlanta, USA

⁸⁰ Environment Canada. Wind Chill Program.
http://www.msc.ec.gc.ca/education/windchill/science_equations_e.cfm

⁸¹ American Meteorological Society. Robert G. Quayle, and Robert G. Steadman. The Steadman Wind Chill.
[http://ams.allenpress.com/perlserv/?request=get-document&doi=10.1175%2F1520-0434\(1998\)013%3C1187:TSWCAI%3E2.0.CO%3B2](http://ams.allenpress.com/perlserv/?request=get-document&doi=10.1175%2F1520-0434(1998)013%3C1187:TSWCAI%3E2.0.CO%3B2)

⁸² Australian Government. Bureau of Meteorology. About the WBGT and Apparent Temperature Indices.
http://www.bom.gov.au/info/thermal_stress/

2.7 Modelo de interpolación usado para la generación de mapas.

Los mapas Raster que se generaron surgieron de la interpolación de la información puntual de las 700 ciudades de la base de datos climática. Es decir que, a partir del sistema vectorial del conjunto de puntos con datos o valores conocidos (ciudades de la base de datos), se generó la red matricial tipo raster. A las celdas correspondientes se les asignaron los valores conocidos, y a partir de ellos se hizo la interpolación necesaria para predecir o estimar los valores supuestos para las celdas vacías.

La interpolación se basa en predecir valores no conocidos a partir de un número limitado de puntos o datos conocidos. En este caso, se interpolaron valores para toda la “superficie” de la República Mexicana a partir de un número limitado de 700 ciudades con datos conocidos. Como es de suponerse, entre mayor sea el número de puntos conocidos es mejor para llevar a cabo la interpolación. También lo es entre mayor proximidad exista entre estos puntos. En el caso que nos ocupa, se cuenta con una mayor concentración de puntos en los Estados pequeños de la República, mientras que los estados grandes presentan mayor dispersión. En otras palabras, existe mayor confiabilidad en la interpolación de datos en aquellos casos en donde las ciudades (estaciones climáticas) están más cercanos.

Existen diversos métodos de interpolación. Todos ellos se basan en distintos modelos matemáticos para predecir los valores buscados. El programa ArcGIS Spatial Analyst V.8 que se utilizó cuenta con tres métodos distintos de interpolación⁸³: Inverso de la distancia Ponderada (IDW- Inverse Distance Weighted), Curvígrafo (Spline) y Kriging.

Es necesario asumir que los distintos métodos de interpolación siempre producirán distintos resultados dependiendo de los algoritmos utilizados. Los métodos de IDW y Spline corresponden al método discreto, mientras que el Kriging pertenece a los de tipo geoestadístico.

Para el caso de estudio se decidió utilizar el método de interpolación del inverso de la distancia ponderada (IDW). Este método estima los valores de las celdas vacías, promediando los valores de los puntos discretos con datos conocidos en las vecindades de cada celda. El punto más cercano a la celda a ser estimada es el que tendrá más peso o influencia en el resultado. Este método asume que la variable a ser estimada decrece en influencia de acuerdo a la distancia de la ciudad o punto con valor conocido. Es decir que no existe una relación lineal entre los puntos sino una relación ponderada en función de sus distancias. El punto más cercano tendrá mayor influencia que aquellos lejanos. Este método ofrece varias ventajas, primero que considera un gradiente no lineal y la influencia o ponderación de la distancia puede ser controlada. En este caso se decidió utilizar la potencia 2. Es decir que la influencia de la distancia quedó definida por el inverso de la distancia al cuadrado.

De manera simple:

$$x = \frac{1}{d^2}$$

⁸³ McCoy Hill and Kevin Johnston. 2001. *Using ArcGIS Spatial Analyst*. ArcGIS-ESRI. USA.

Debido a que la estimación de los valores se hace a partir de varios puntos con distintas distancias e influencias, la fórmula⁸⁴ queda de la siguiente manera:

$$x = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{z_i}{d_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^2}}$$

donde:

x = Valor interpolado

z_i = Valor conocido de los n puntos circundantes

d_i = Distancia entre x, y cada uno de los n puntos con valor conocido

Por ejemplo:

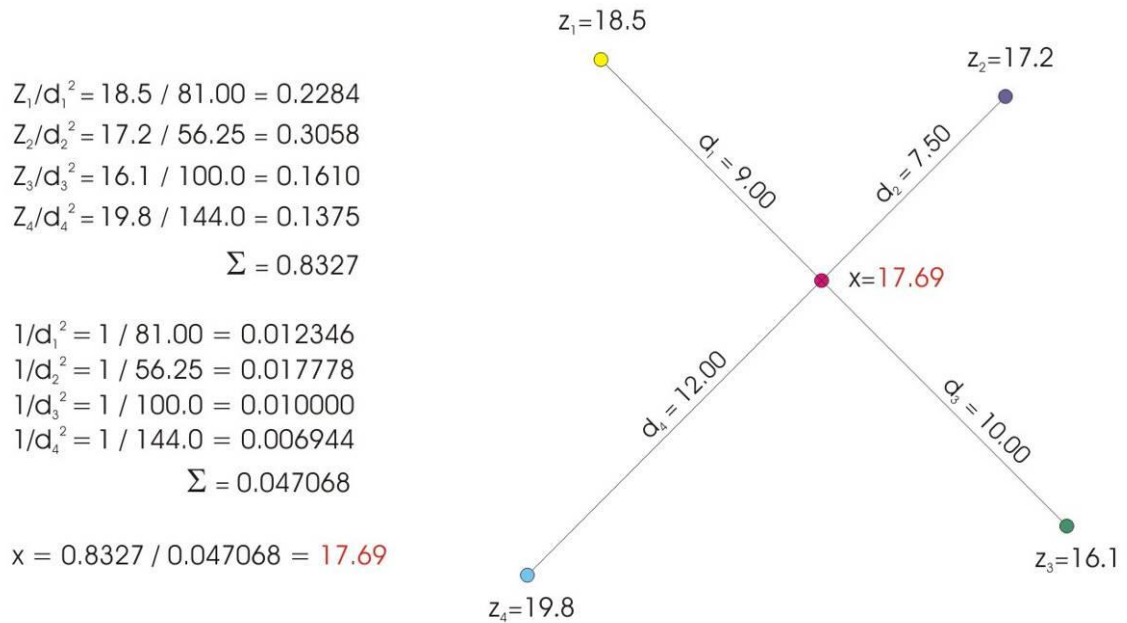


Fig.12 Ejemplo de Interpolación IDW

⁸⁴ Fórmula derivada de: Rushton, Gerard & Marc P. Armstrong. 1997. Improving Public Health through Geographical Information Systems. An Instructional Guide to Major Concepts and Their Implementation. Web Version 1.0 December. Universidad of Iowa, USA.

Además del algoritmo de interpolación, el programa se basa en los principios de auto corrección y dependencia espaciales, los cuales miden el grado de relación y dependencia entre los puntos cercanos y distantes. El número de puntos a partir de los cuales se hace el análisis para determinar el valor de una celda, se establece a partir de dos criterios: Una cantidad definida por el usuario o un radio, dentro del cual todos los puntos que estén dentro él serán analizados. En este caso se decidió utilizar para el análisis 12 puntos, debido a la no homogénea dispersión.

Si bien este método ofrece una mayor continuidad y suavidad de las superficies estimadas, es conveniente señalar que tiene el inconveniente de desfazar la línea de contorno de los valores puntuales conocidos⁸⁵.

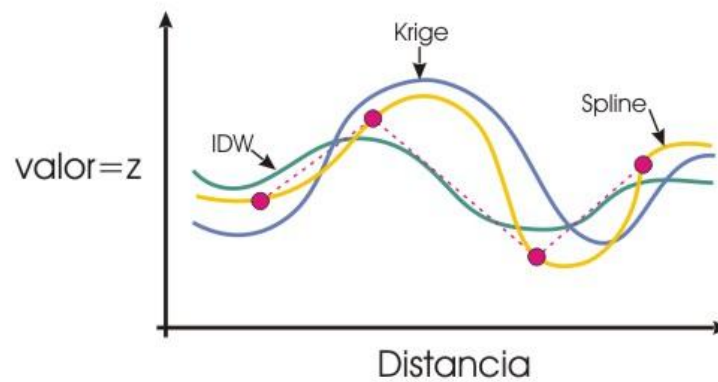


Fig.13 Comparativo de métodos de interpolación

A pesar de que el programa lo permite, no se usaron “barreras” o límites para la interpolación. Esto debido a la escala utilizada y la complejidad orográfica. Sin embargo, cabe señalar que los propios datos de cada ciudad establecen de alguna manera las variaciones climáticas provocadas por los diversos accidentes orográficos.

2.8 Tipo de Proyección Cartográfica:

Existen diversos sistemas de representación cartográfica. El utilizado en la elaboración de los mapas que aquí se presentan están basados en el Sistema Geodésico Mundial de 1984. (World Geodetic System of 1984 – WGS84)⁸⁶

⁸⁵ Cf. Colin Childs. 2004. Interpolating Surfaces in Arc GIS Spatial Analyst. ESRI Education Services. ArcUser. July-September. p.32

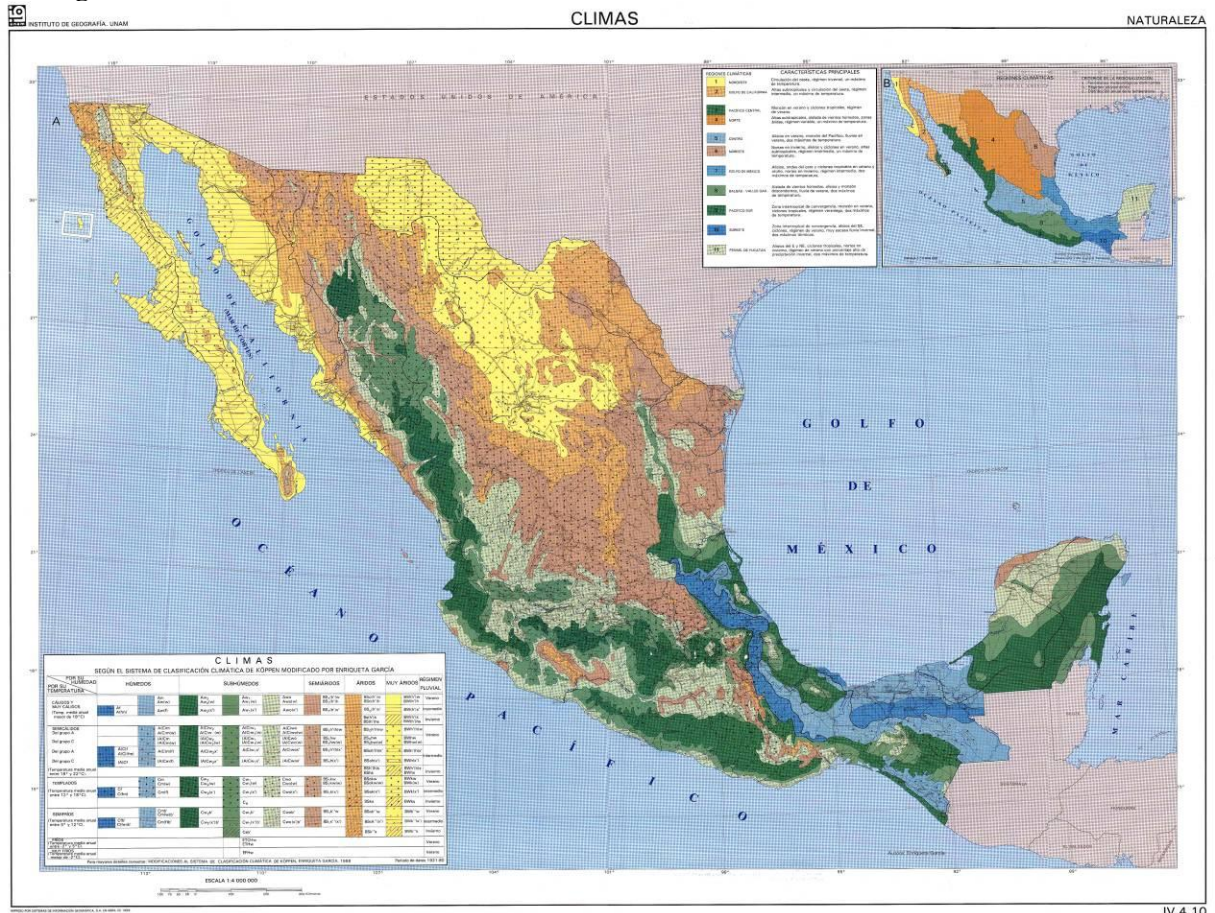
⁸⁶ McCoy, Hill & Johnston Kevin. Op. Cit.

3

REGIONALIZACIÓN DEL PAÍS (modelo de análisis climático)

3. REGIONALIZACIÓN DEL PAIS

3.1 Regionalización Climática



alimentos y por lo tanto la determinante de la vida de todos los animales incluyendo al hombre. De esta forma se puede considerar como una clasificación “bioclimática”, ya que relaciona la vida (vegetal) con las condiciones del clima.

En el sistema de Köppen, los climas se definen de acuerdo a los datos de temperatura y precipitación, en términos anuales y mensuales. De esta forma existen cinco grupos climáticos fundamentales⁸⁸:

- Grupo de climas A: *Clima cálido húmedo.*
- Grupo de climas B: *Clima seco.*
- Grupo de climas C: *Clima templado húmedo.*
- Grupo de climas D: *Clima boreal.*
- Grupo de climas E: *Clima polar*

Estos grupos pueden subdividirse en distintos tipos de acuerdo a los siguientes modificadores:

Modificadores para los grupos A, C y D:

- f** Precipitación durante todo el año
- w** Estación seca en invierno, lluvias en verano
- s** Estación seca en verano, lluvias en invierno
- m** Lluvias abundantes en verano con influencia de monzón. (Sólo para el grupo A)

Modificadores del grupo B:

- S** Semiárido (Clima de estepa)
- W** Árido (Clima de desierto)

Modificadores del clima E:

- T** Clima de tundra
- F** Nieve perpetua

3.1.1 Climas Según Köppen⁸⁹

Grupo de climas A

Clima cálido húmedo o tropical lluvioso (megatermal). La temperatura media del mes más frío está por arriba de 18 °C, por lo tanto estos climas no presentan una época invernal definida. La precipitación total anual es mayor a 1000 mm y sobrepasa a la evaporación anual. Normalmente se presenta en lugares intertropicales con altitudes inferiores a los 800 o 1000 msnm. En estos climas predominan las plantas megatérmas.

⁸⁸ García, Enriqueta. 1986. *Apuntes de Climatología*. Talleres Larios, S.A. México, D.F.

⁸⁹ García, Enriqueta. 1988. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Talleres Larios, México, D.F.

Dentro del grupo A se pueden encontrar tres tipos:

Tipo Af: (clima de selva)

Tipo cálido húmedo con lluvias abundantes durante todo el año. La precipitación del mes más seco es mayor a 60 mm. Es normalmente un clima isotermal, es decir que la oscilación anual de la temperatura media es menor a 5 °C.

Tipo Am:

Tipo cálido húmedo con lluvias abundantes en verano y con influencia de monzón. La precipitación del mes más seco es inferior a 60 mm. Presenta una estación invernal seca

Tipo Aw: (clima de sabana)

Tipo cálido sub-húmedo con lluvias en verano. Por lo menos un mes cuenta con lluvias inferiores a los 60 mm, y por lo menos 10 veces mas cantidad de lluvia en el mes más lluvioso, de la estación cálida, que en el mes menos lluvioso.

Otras designaciones usadas con los climas A:

w' Máximo de lluvias en otoño

w'' Dos máximos de lluvia separados por dos estaciones secas

s Lluvias en invierno (por lo menos tres veces mayor cantidad de lluvia en el mes más húmedo de la mitad fría del año que en el mes seco).

i isotermal, con una oscilación anual menor a 5 °C

g Comportamiento térmico tipo ganges, es decir que el mes más caluroso se presenta antes del solsticio de verano y de la temporada de lluvias.

Grupo de climas B

Clima seco. La evaporación sobrepasa a la precipitación promedio anual. No hay excedente de agua por lo que en estas zonas no hay arroyos permanentes. En este clima predominan las plantas xerófitas.

En este tipo de climas la precipitación no es suficiente para determinar los límites entre los climas B y los húmedos (A, C, o D), ya que el efecto de la precipitación en el crecimiento de las plantas depende del grado de evaporación, mientras que la evaporación depende de la temperatura. Por lo tanto, para definir los tipos de climas secos, se deben considerar tanto la temperatura como la precipitación.

Existen dos tipos de climas secos:

Tipo BW: (clima desértico)

Tipo árido o desértico con precipitaciones anuales generalmente inferiores a 400 mm

Tipo BS: (clima estepario)

Tipo semi-árido caracterizado por sus pastizales o zacatales con precipitación anual generalmente inferior a 650 mm

Las fórmulas para separar a los climas secos (B) de los húmedos (A, C, y D) y a los desérticos (BW) de los esteparios (BS) se expresa en función de los siguientes términos:

(rh) Es la cantidad total anual de lluvias (en centímetros), mínima necesaria para que el clima sea húmedo. Con menos de esa cantidad el clima será seco, y con más será húmedo.

- (rs) Es la cantidad total anual de lluvia (en centímetros), mínima necesaria para que el clima sea estepario. Con menos de esa cantidad el clima será desértico y con más será estepario).
- t Temperatura media anual

Además de estos criterios, se deberá considerar el régimen de lluvias, el cuál puede ser de tres tipos: lluvias uniformemente repartidas a lo largo de todo el año; lluvias en verano y lluvias en invierno. De acuerdo a estos criterios los climas secos se determinan mediante las siguientes fórmulas:

1. Régimen de lluvias en verano (la precipitación del mes más lluvioso de la mitad caliente del año es mayor de 10 veces que la del mes mas seco)

2.

$$\begin{aligned}rh &= 2t + 28 \\rs &= (2t + 28)/2\end{aligned}$$

3. Régimen de lluvias en uniformemente repartidas(intermedio entre los climas con lluvias en verano y los de lluvias en invierno):

$$\begin{aligned}rh &= 2t + 14 \\rs &= (2t + 14)/2\end{aligned}$$

4. Régimen de lluvias en invierno (la precipitación del mes más lluvioso de la mitad fría del año es por lo menos tres veces mayor que la del mes más seco):

5.

$$\begin{aligned}rh &= 2t \\rs &= 2t/2\end{aligned}$$

Otras designaciones usadas con los climas secos B:

- h Temperatura media anual superior a 18 °C
- h' Temperatura de todos los meses superior a 18 °C
- k Temperatura media anual menor a 18 °C
- k' Temperatura de todos los meses inferior a 18 °C
- w Régimen de lluvias de verano
- w' Máximo de lluvias en otoño
- w'' Dos máximos de lluvia separados por dos estaciones secas
- s Régimen de lluvias en invierno
- x' Lluvias todo el año, aunque poco abundantes
- n Con nieblas frecuentes

Grupo de climas C

Clima templado húmedo (mesotermal). La temperatura media del mes más frío esta por debajo de 18 °C pero arriba de -3 °C; y al menos un mes tiene una temperatura media mayor a 10 °C. Por lo tanto estos climas si presentan estaciones diferenciadas de verano e invierno. Predominan las plantas mesotérmicas.

Tipo Cf: (Clima templado húmedo)

Clima templado húmedo con lluvias uniformemente repartidas y sin estación seca definida. Con precipitación media del mes más seco superior a 30mm.

Tipo Cw: (Clima sónico)

Clima templado sub-húmedo con lluvias en verano. Por lo menos 10 veces mayor cantidad de lluvia en el mes más húmedo de la mitad calurosa del año que en el mes más seco.

Tipo Cs: (Clima mediterráneo o etesio)

Clima templado con lluvias en invierno. El mes más húmedo del invierno tiene por lo menos tres veces más lluvia que el mes más seco.

Otras designaciones que se usan con los climas C:

- a Verano caliente, con temperatura media del mes más caluroso superior a 22 °C
- b Verano fresco, con temperatura media del mes más caluroso menor a 22 °C
- c Verano frío y corto, con temperatura media del mes más caluroso menor a 22 °C y menos de cuatro meses con temperatura mayor de 10 °C.
- w' Máximo de lluvias en otoño
- w'' Dos máximos de lluvia separados por dos estaciones secas
- i Isotermal, con oscilación anual menor a 5 °C
- g Comportamiento térmico tipo ganges
- x' Con lluvias uniformemente repartidas pero poco abundantes
- n Con nieblas frecuentes.

GRUPO DE CLIMAS D

Clima boreal o Subártico, “bosque nevado” (microtermal). La temperatura media del mes más frío está por debajo de -3 °C y la del mes más caluroso por arriba de 10 °C. Húmedo con inviernos rigurosos. Se presentan nevadas en uno o varios meses. Predominan las coníferas.

Tipo Df: (Clima oceánico boreal, canadiense o bosque nevado)

Clima sub-ártico, húmedo sin estación seca bien definida (con lluvias todo el año)

Tipo Dw: (Clima continental boreal o transbaicálico)

Clima sub-ártico húmedo con lluvias en verano

Otras designaciones usadas con los climas D:

- a Verano caliente, con temperatura media del mes más caluroso superior a 22 °C
- b Verano fresco, con temperatura media del mes más caluroso menor a 22 °C
- c Verano frío y corto, con temperatura media del mes más caluroso menor a 22 °C y menos de cuatro meses con temperatura mayor de 10 °C.
- d Promedio de temperaturas del mes más frío menor de 38 °C
- i Isotermal, con oscilación anual menor a 5 °C

GRUPO DE CLIMAS E

Clima Polar o frío (hekeistotermal). La temperatura media del mes más caluroso está por debajo de 10 °C. Clima realmente sin verano. Grandes extensiones cubiertas de hielo, por lo que la vegetación se limita a musgos, algas, helechos y líquenes y se presenta en estaciones cortas.

Tipo ET: (Clima de tundra)

Temperatura del mes más caluroso mayor de 0 °C

Tipo EF: (Clima de hielos perpetuos)

La temperatura medio de todos los meses esta por debajo de 0 °C. En este clima no hay vegetación.

Otras designaciones usadas con los climas E:

- B Clima frío seco. Si su límite de precipitación cae dentro de los límites de climas B
- C Si la temperatura media del mes más frío es mayor de -3 °C
- H Si el clima E se encuentra a una altitud mayor a 1500 msnm.
- i Isotermal. Si la oscilación anual es menor a 5 °C.
- w Régimen de lluvias de verano
- w' Máximo de lluvias en otoño
- w'' Dos máximos de lluvia separados por dos estaciones secas
- s Lluvias en invierno (por lo menos tres veces mayor cantidad de lluvia en el mes más húmedo de la mitad fría del año que en el mes seco).

A esta clasificación original de Köppen, Enriqueta García le hizo algunas modificaciones para adecuarla a las condiciones específicas de la República Mexicana. Algunas tienen que ver con la designación de los climas, por ejemplo al clima Af que Köppen llama “clima de selva” García lo nombra “clima caliente y húmedo con lluvias todo el año”. Otras modificaciones se refieren a la temperatura, oscilación o precipitación, por ejemplos, para diferenciar los grados de humedad y régimen de lluvias. García añade las fórmulas:

$$\begin{aligned}rh &= 2t + 21 \\rs &= (2t + 21) / 2\end{aligned}$$

Fórmulas que se aplican para los climas con régimen de lluvias de verano y con un porcentaje de precipitación invernal mayor a 10.2. La maestra Enriqueta García realizó una serie de modificaciones al sistema original de clasificación de Köppen, con el fin de adecuarla a las condiciones particulares de la República Mexicana. El mapa que se presenta en el Atlas Nacional de México, se basa en las modificaciones contempladas. Para mayor información se recomienda consultar la fuente original de E. García⁹⁰.

A partir de la clasificación climática, la Maestra Rosalía Vidal⁹¹ establece once regiones climáticas que se presentan en México, éstas son:

⁹⁰ García, Enriqueta. 1988. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. Talleres Larios, México.

⁹¹ Vidal Z. Rosalía. 2005. *Las Regiones Climáticas de México*. Temas Selectos de Geografía de México. Instituto de Geografía UNAM. México, D.F.

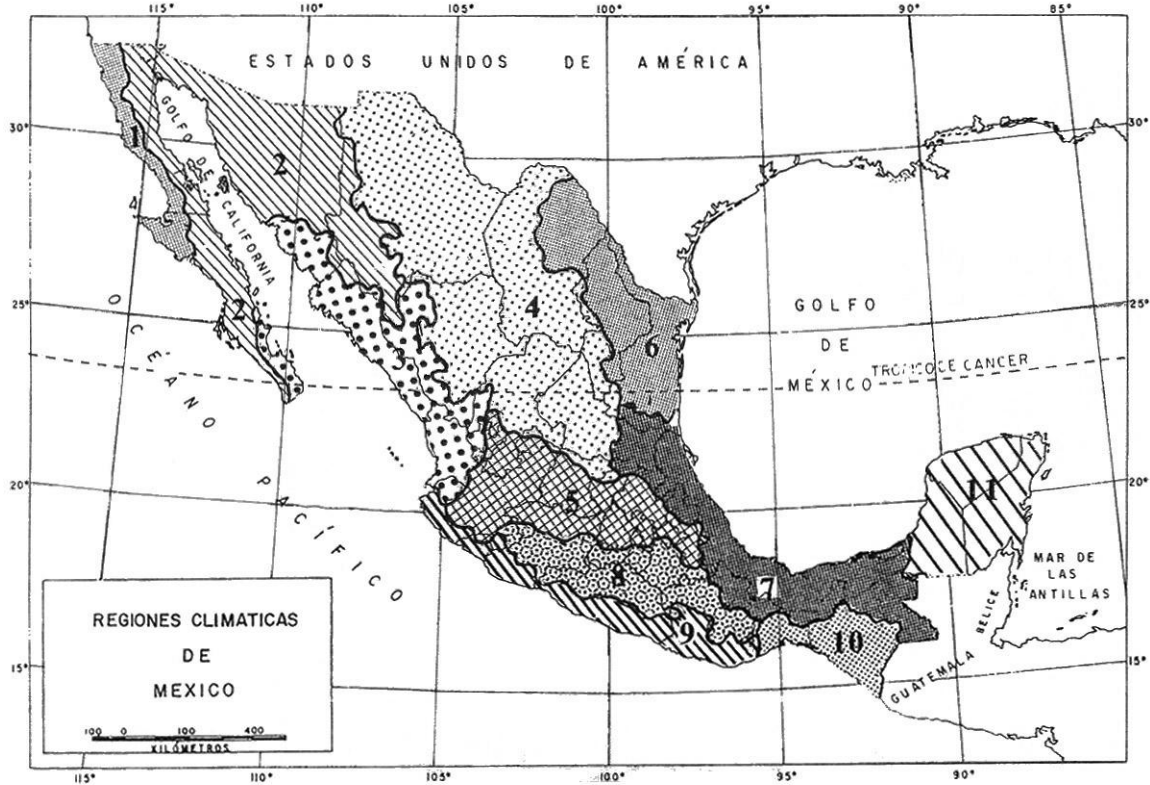


Fig. 15 Regiones Climáticas de México (Vidal, Rosalía 2005)

Región 1. Noroeste. Comprendiendo la región oeste de la península de Baja California, al norte del paralelo $26^{\circ}30'N$ hasta la frontera con los Estados Unidos.

Región 2. Golfo de California. Que comprende el declive este de las montañas de la península de Baja California, la Parte Central y suroeste de la misma península, la llanura costera de Sonora, al norte del paralelo $28^{\circ} N$, los declives de la Sierra Madre Occidental, en Sonora, y la parte más elevada de dicha sierra en Chihuahua, al norte del paralelo $25^{\circ} N$.

Región 3. Pacífico Central. Comprende la llanura costera del Pacífico, que se extiende desde el paralelo $28^{\circ} N$, hacia el sur, hasta la bahía de Banderas; los declives oeste de la sierra Madre Occidental y el extremo sureste de la península de Baja California. Abarca el sur de Sonora, todo Sinaloa, el oeste de Durango, todo Nayarit, el suroeste de Zacatecas, oeste de Jalisco.

Región 4. Norte. Ocupa la parte norte de la Altiplanicie Mexicana, también conocida como Mesa del Norte. Abarca parte de los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Zacatecas, Nuevo León y San Luis Potosí.

Región 5. Centro. Abarca la parte sur de la Altiplanicie Mexicana, Meseta central o de Anahuac y el eje volcánico.

Región 6. Noreste. Comprende la vertiente de la Sierra Madre Oriental al norte del paralelo 23° N. y la llanura costera del Golfo de México al norte del trópico de Cáncer.

Región 7. Golfo de México. Comprende la vertiente este de la Sierra Madre Oriental, al sur de la sierra de Tamaulipas, la llanura costera del Golfo de México abarcando desde el norte de Veracruz hasta el norte de Chiapas y suroeste de Campeche.

Región 8. Cuenca del Río Balsas y valles de Oaxaca. Se localiza al sur del paralelo 20° N, entre el eje volcánico y la sierra Madre del Sur. Abarca parte de los estados de Jalisco, Michoacán, Guerrero, México, Morelos Puebla y Oaxaca.

Región 9. Pacífico Sur. Se localiza entre los paralelos 15° 30' y 20 ° 30' N. desde bahía de Banderas hasta el istmo de Tehuantepec corre de manera paralela y próxima al litoral del Océano Pacífico.

Región 10. Sureste. Abarca el sur del istmo de Tehuantepec y gran parte del centro y sur de Chiapas.

Región 11. Península de Yucatán. Abarca gran parte de Campeche, Yucatán y Quintana Roo.

3.2 Regionalización Fisiográfica

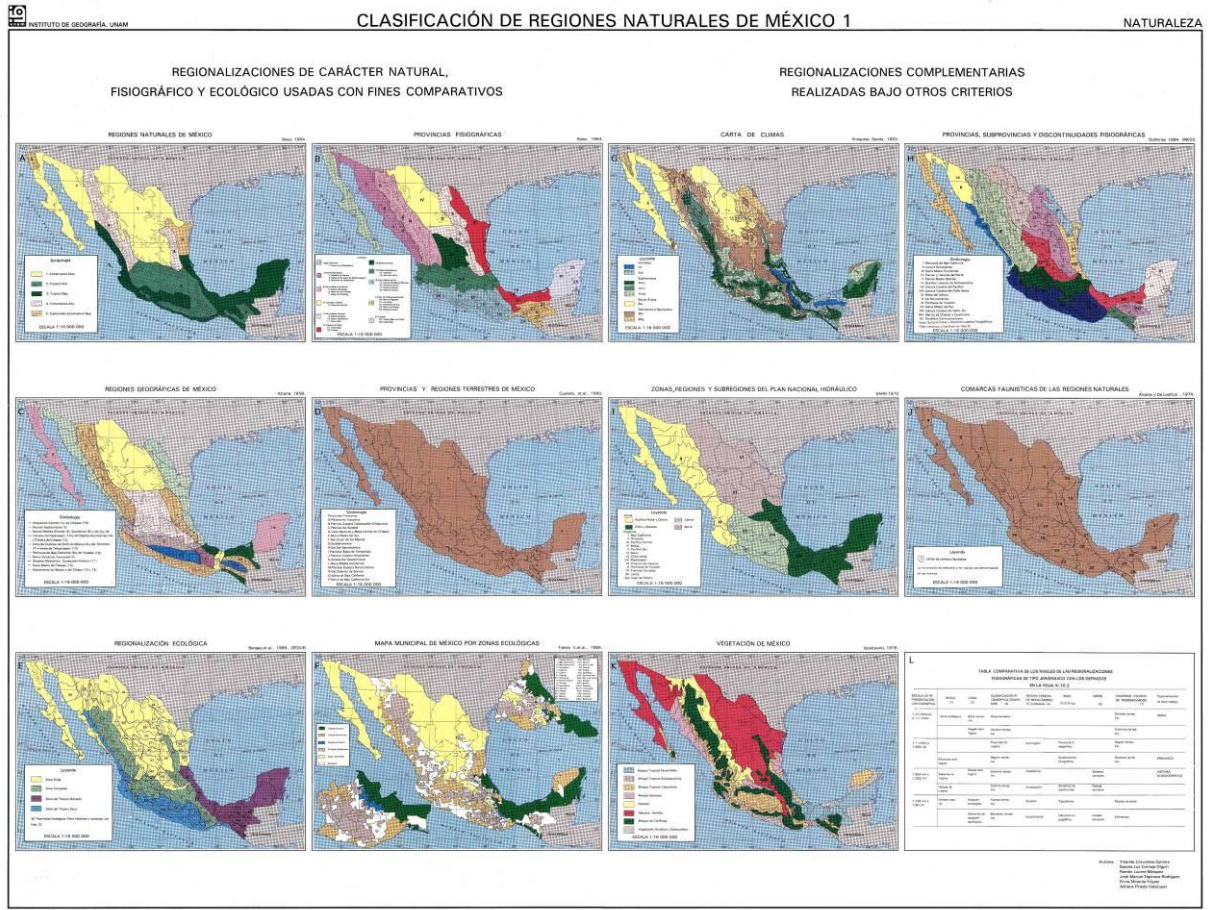


Fig. 16 Clasificación de Regiones Naturales de México (Atlas Nacional de México)

La República Mexicana se puede clasificar en regiones bajo distintos criterios de acuerdo a sus características naturales, fisiográficas y ecológicas. El Atlas Nacional de México, del Instituto de Geografía de la UNAM presenta 11 mapas de clasificación de regiones naturales de México

1. Regiones Naturales de México
2. Provincias Fisiográficas
3. Carta de Climas
4. Provincias, Sub-provincias y Discontinuidades Fisiográficas
5. Regiones Geográficas de México
6. Provincias y Regiones Terrestres
7. Zonas, Regiones y Sub-regiones del Plan Nacional Hidráulico
8. Comarcas Faunísticas de las Regiones Naturales
9. Regionalización Ecológica
10. Mapa Municipal de México por Zonas Ecológicas
11. Vegetación de México

Esta carta de regionalización es muy útil ya que los mapas se presentan juntos con fines comparativos.

Provincias Fisiográficas.

PROVINCIAS FISIGRÁFICAS

Raisz, 1964.

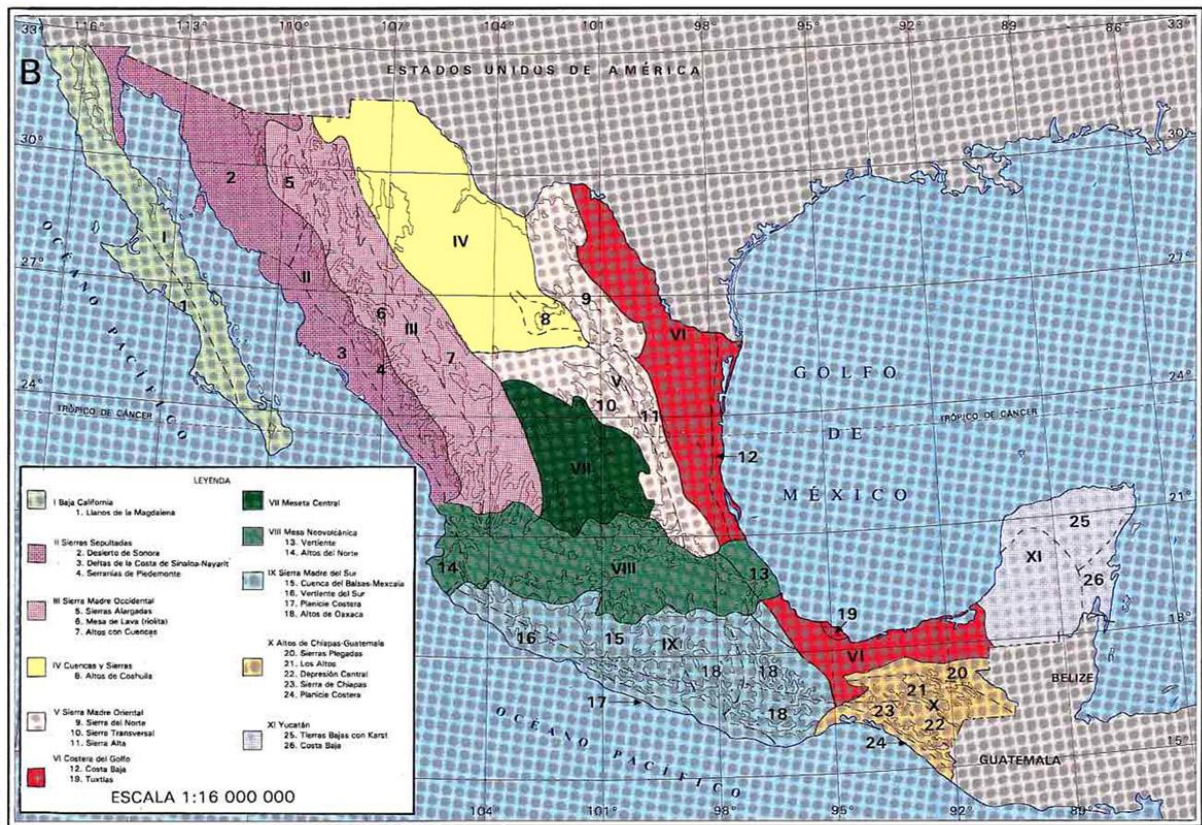


Fig. 17. Provincias Fisiográficas (Atlas Nacional de México)

De manera particular, el mapa fisiográfico define once provincias fisiográficas con 26 sub-provincias:

- I. Baja California
 - 1. Llanos de la Magdalena
- II. Sierras Septentriales
 - 2. Desierto de Sonora
 - 3. Deltas y Costas de Sinaloa-Nayarit
 - 4. Serranías de Piedemonte
- III. Sierra Madre Occidental
 - 5. Sierras Alargadas
 - 6. Mesa de lava
 - 7. Altos con cuencas
- IV. Cuencas y Sierras
 - 8. Altos de Coahuila
- V. Sierra Madre Oriental
 - 9. Sierra del Norte
 - 10. Sierra Transversal
 - 11. Sierra Alta
- VI. Costa del Golfo
 - 12. Costa Baja
 - 13. Tuxtla
- VII. Meseta Central
 - 14. Altos del Norte
- VIII. Mesa Neovolcánica
 - 15. Cuenca del Balsas-Mexcala
 - 16. Vertiente del Sur
 - 17. Planicie Costera
 - 18. Altos de Oaxaca
- IX. Sierra Madre del Sur
 - 19. Sierras Pequeñas
 - 20. Los Altos
 - 21. Depresión Central
 - 22. Sierra de Chiapas
 - 23. Planicie Costera
 - 24. Planicie Costera
- X. Altos de Chiapas-Guatemala
 - 25. Tierras Bajas con Karst
 - 26. Costa Baja
- XI. Yucatán

- VI. Costera del Golfo
 - 12. Costa Baja
 - 19. Tuxtlas
- VII. Meseta Central
- VIII. Mesa Neovolcánica
 - 13. Vertiente
 - 14. Altos del Norte
- IX. Sierra Madre del Sur
 - 15. Cuenca del Balsas
 - 16. Vertiente del Sur
 - 17. Planicie Costera
 - 18. Altos de Oaxaca
- X. Altos de Chiapas
 - 20. Sierras Plegadas
 - 21. Los Altos
 - 22. Depresión Central
 - 23. Sierra de Chiapas
 - 24. Planicie Costera
- XI. Yucatán
 - 25. Tierras Bajas con Karst (meseta de piedra caliza)
 - 26. Costa Baja

3.3 Mapa Temáticos de la República Mexicana

3.3.1 Mapas Geográficos

Se utiliza el “Sistema de Coordenadas Geográficas”⁹² para la ubicación de cualquier punto sobre la superficie terrestre, basado en los ángulos de latitud y longitud. La latitud de un lugar es el ángulo formado entre la perpendicular en ese punto y el plano del ecuador, se cuenta de 0° a 90° del ecuador a los polos y puede ser “norte o sur” según que el lugar se encuentre en el hemisferio norte o en el hemisferio sur. La latitud es un factor determinante del clima, ya que esto determinará la mayor o menor incidencia y distribución de la radiación solar recibida. La longitud de un lugar es el ángulo diedro formado entre el plano del meridiano de Greenwich⁹³ y el plano del meridiano de la localidad, se cuenta de 0° a 180° y puede ser “este u oeste” según se encuentre el lugar con relación al meridiano de origen o referencia. La longitud no tiene influencia climática sobre el lugar.

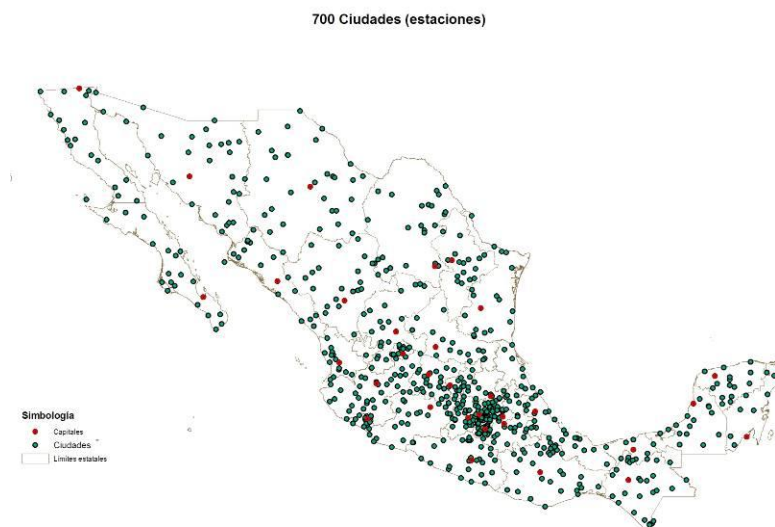
3.3.1.1 Ubicación geográfica de estaciones

El primer mapa corresponde a la ubicación geográfica de las 700 ciudades que componen la base de datos. Como se puede apreciar existe una mayor concentración de estaciones en el centro del país, y una mayor dispersión en los estados fronterizos del norte.

⁹² El Sistema de Coordenadas Geográficas es un sistema de referencia que utiliza los ángulos de latitud y longitud para ubicar cualquier punto sobre la superficie terrestre. Este sistema puede estar basado en una superficie esférica, esferoide o geoide, y utiliza la trigonometría esférica para determinar valores angulares. En estos tres casos los valores de latitud y longitud pueden variar.

Existen otros sistemas de coordenadas para determinar la ubicación de un punto. Por ejemplo las coordenadas proyectadas del sistema UTM (Universal Transverse Mercator) que se basa en la proyección cartográfica transversal de Mercator. En este caso la ubicación se da en función de valores tipo (x,y), los cuales son expresados en metros.

⁹³ El Real Observatorio Astronómico de Greenwich, Inglaterra, fue seleccionado como el primer meridiano o meridiano de origen o referencia 0° en la “The Internacional Meridian Conference” celebrada en el mes de octubre de 1884, en la ciudad de Washington D.C. USA.



Mapa 1. Ubicación de estaciones (700 ciudades)

La ubicación geográfica de las 700 ciudades es la que proporciona el Servicio Meteorológico Nacional. Es decir que las coordenadas geográficas no corresponden al centro de población, sino a la ubicación de las estaciones climatológicas u observatorios meteorológicos correspondientes.

3.3.1.2 Mapa de Altitud

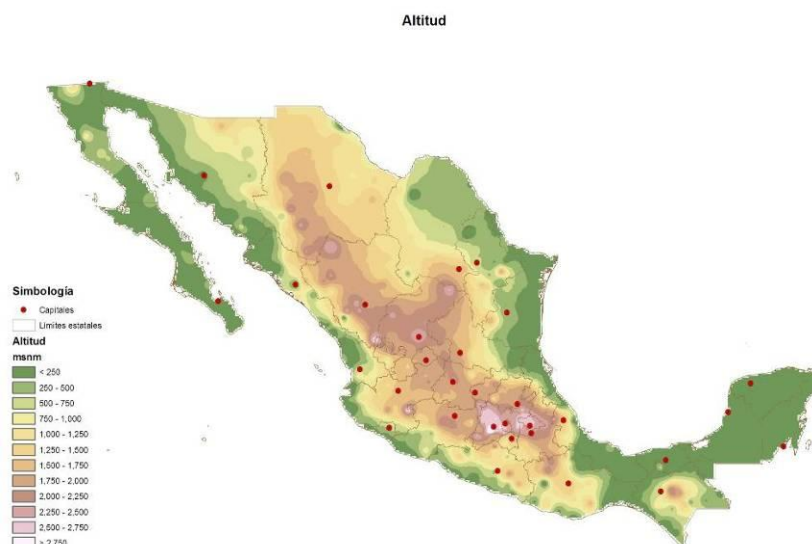
Altitud es la dimensión o altura de un punto sobre la superficie terrestre. La altitud se mide en metros sobre el nivel del mar. Sin embargo el nivel del mar es muy variable ya que cambia debido a las mareas y es distinto de litoral a litoral. En México existe la “Red Mexicana de Nivel del Mar”⁹⁴ la cual se encarga de verificar el nivel del mar en distintos puntos de las costas del Golfo de México y del Pacífico con el fin de establecer las variaciones y el nivel medio del mar a partir del cual se hace la medición de las altitudes.

La altitud es un factor muy importante del clima. La temperatura del aire disminuye a razón media de 6.4 °C por cada 1,000 metros de altitud. Lo cual quiere decir que a mayor altitud se presenta una menor temperatura en una proporción directa.

Mapa de Altitud

Al igual que el anterior, este mapa está elaborado con base en los datos de altitud, para cada localidad, proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional. Está graficado a cada 250 m de altitud (msnm). Es importante señalar que no se trata de un plano topográfico. Ya que las interpolación para generarlo se basa exclusivamente en la disponibilidad de datos de las 700 ciudades, es decir que es un mapa de las elevaciones de cada ciudad.

⁹⁴ La Red Mexicana de Nivel del Mar es una organización de coordinación de las tres redes mareográficas que hay en la República Mexicana: Servicio Mareográfico del Instituto de Geofísica de la UNAM; Red Mareográfica de la Secretaría de Marina; y la Red de monitoreo del nivel del mar del Centro de Investigación Científica y de Estudios Superiores de Ensenada. El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) es el organismo encargado de normar e integrar todo tipo de información mareográfica y geodésica.



Mapa 2. Altitud

3.3.2 Mapas Climáticos

3.32.1 Mapa de Presión Atmosférica

La presión atmosférica en un punto dado, es el peso de una columna de aire que se eleva directamente hasta el límite superior de la atmósfera, en otras palabras, la presión es la fuerza que ejerce el aire sobre una cierta unidad de área. Por lo tanto la presión depende de la altitud del lugar⁹⁵.

La circulación de las masas de aire, sobre todo las descendentes y ascendentes, así como metros fenómenos atmosféricos, ocasionan aumento o depresiones que hacen variar los valores teóricos de la presión atmosférica. En términos muy generales, el tiempo (climatológico) empeora si la presión baja a menos del valor normal de la localidad, y por el contrario el tiempo mejora si la presión sube de este valor.

Presión Atmosférica.

En el mapa, la presión barométrica está expresada en hPa. Con rangos a cada 25 hPa a partir de 1,013.25 a nivel del mar, hasta menos de 700 hPa en las zonas más elevadas. La presión en todos los casos fue calculada con base en la altitud de las localidades utilizando la ecuación exponencial⁹⁶:

$$P_h = P_{mm} \cdot \exp\left(\frac{-h}{H}\right)$$

⁹⁵ También influye la latitud, ya que el espesor de la atmósfera varía dependiendo de la latitud (siendo la troposfera mayor en el ecuador y menor en los polos), y como la aceleración de la fuerza de la gravedad también varía, siendo mayor en los polos (9.832 m/s^2) y menor en el ecuador (9.7803 m/s^2), la presión media al nivel del mar se toma en la latitud 45° , siendo su valor igual a $1,013.25 \text{ Kg/cm}^2$, 101.325 kPa , o 760 mm Hg . (la aceleración de la fuerza de la gravedad en la latitud 45° es de 9.8062 cm/s^2).

⁹⁶ Guy P. Brasseur, John J. Orlando and Goeffrey S. Tyndall. 1999. *Atmospheric Chemistry and Global Change*. -National Center for Atmospheric Research. Colorado. Oxford University Press, USA.

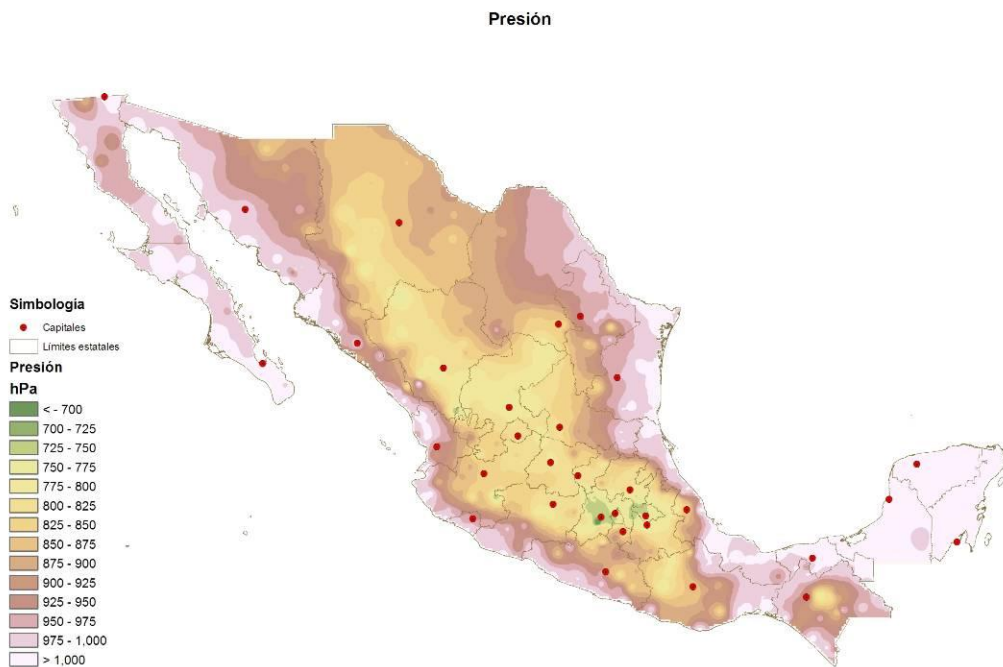
donde:

- P_h = Presión atmosférica de un punto con altura h (hPa)
 P_{nm} = Presión atmosférica a nivel del mar (1,013.25 hPa)
 h = Altitud del punto z (m)
 H = Escala de altitud (m)

$$H = \frac{R \cdot T_a}{g}$$

donde:

- H = Escala de altitud (m)
 R = Constante de gas para el aire seco (287 J/kg K)
 T_a = Temperatura absoluta (K); $T_a = T + 273.15$
 g = Aceleración gravitacional para la latitud 20° N (9.7788 m/s²)



Mapa 3. Presión Barométrica

3.3.2.2 Temperaturas

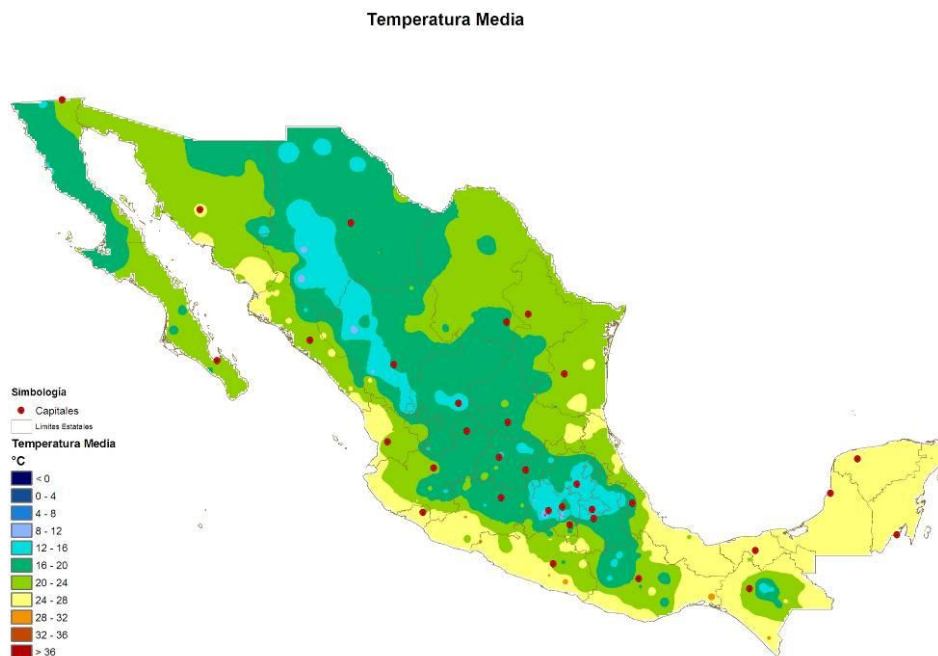
La temperatura es un parámetro psicrométrico de aire húmedo que caracteriza el calor o la cantidad de energía térmica de la masa de aire. La temperatura de bulbo seco, generalmente se denomina simplemente como temperatura del aire, es uno de los factores determinantes del confort térmico.

La temperatura media se refiere al promedio de todas las temperaturas registradas por cada día. La temperatura máxima se refiere al promedio de las temperaturas más elevadas registradas por cada día. La temperatura mínima se refiere al promedio de las temperaturas más bajas registradas por cada día.

Temperatura Media (promedio anual)

Debido a que la temperatura está influida en gran medida por la altitud, Se observa una alta correspondencia entre este parámetro y las regiones fisiográficas del país. Las temperaturas medias más bajas se observan en las zonas más elevadas, es decir, en la Sierra Madre Occidental,

principalmente en la Sierra Tarahumara, Sierra Tepehuanes, en la Sierra de Durango y Sierra de Zacatecas; así como en las partes elevadas del Eje Volcánico (La estación con la temperatura media más baja es el Nevado de Toluca con 3.9 °C). Las temperaturas medias más elevadas se presentan en la Costa del Pacífico, Costa del Golfo, Istmo de Tehuantepec y Península de Yucatán (La localidad con temperatura media más elevada es Ayutla, Guerrero con 29.4 °C). Las temperaturas están graficadas de 0 a 40°C con intervalos de 4°C.



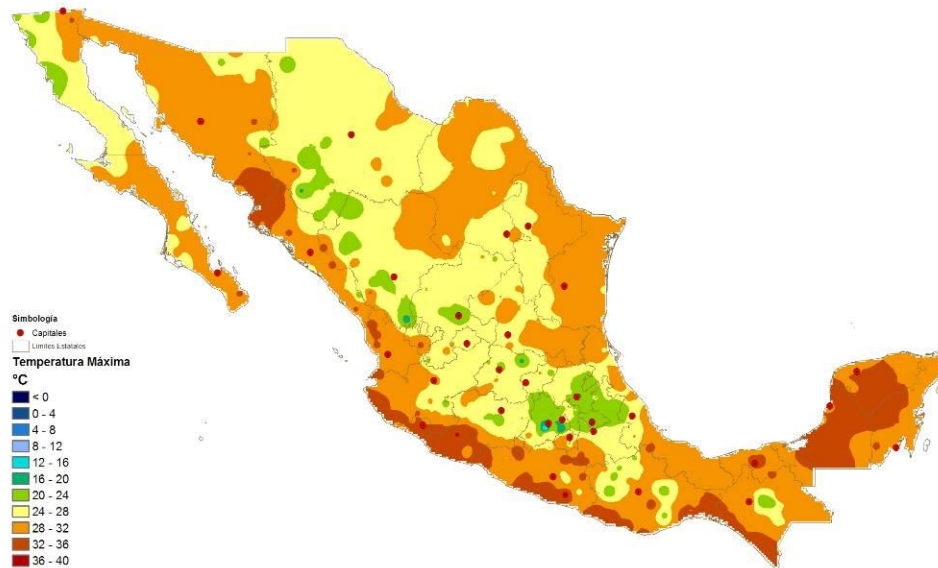
Mapa 4. Temperatura media anual

Temperatura Máxima (promedio anual)

Al igual que en los valores medios, la temperatura máxima más baja se presenta en las partes altas de la Sierra Madre Occidental y en el eje volcánico (La estación con la temperatura máxima promedio anual más baja es el Nevado de Toluca con 8.1 °C), mientras que las temperaturas máximas más elevadas se observan en gran parte de la Península de Yucatán, en el centro de Tabasco, en la zona costera del Pacífico y en la parte sur de la costa de Sonora. (La localidad con temperatura máxima promedio anual más elevada es Ayutla, Guerrero con 38.2 °C).

La temperatura máxima más elevada se presenta en San Luis Río Colorado, Sonora y en Bataques B.C.N. con 42.3 °C en el mes de Julio.

Temperatura Máxima

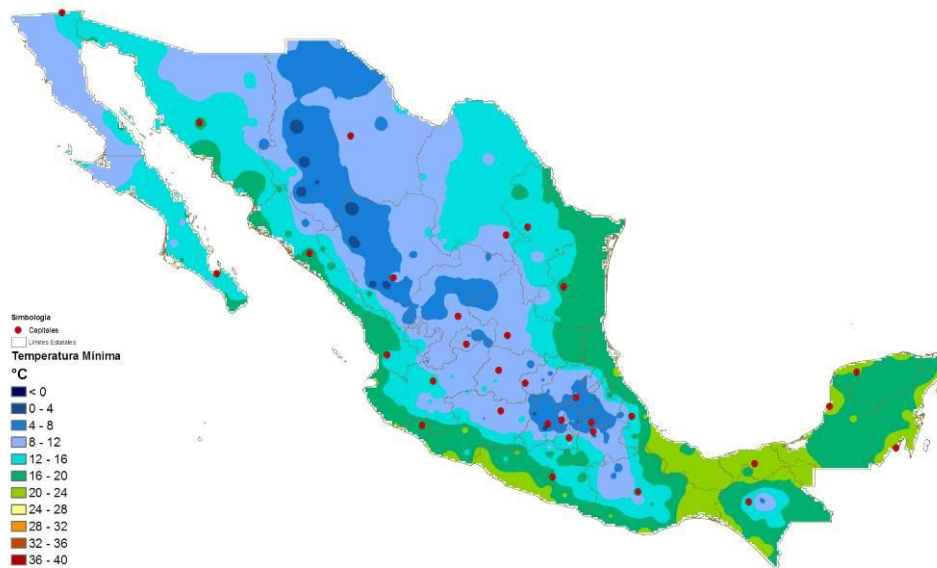


Mapa 5. Temperatura máxima

Temperatura Mínima (promedio anual)

Del mismo modo las temperaturas mínimas más bajas se presentan en las partes altas de las sierras y del eje volcánico (La localidad con la temperatura mínima promedio anual más baja es San Miguel de los Lobos, Durango con $-1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$), mientras que la temperatura mínima más elevada se presenta en el Istmo de Tehuantepec, en las costas de Guerrero y de Quintana Roo. (La ciudad con la temperatura mínima promedio anual más elevada es Acapulco, Guerrero con $23.4\text{ }^{\circ}\text{C}$) La temperatura mínima más baja se presenta en San Miguel de los Lobos, Durango con $-8.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ en el mes de febrero.

Temperatura Mínima



Mapa 6. Temperatura Mínima

Temperatura Media del mes más caluroso

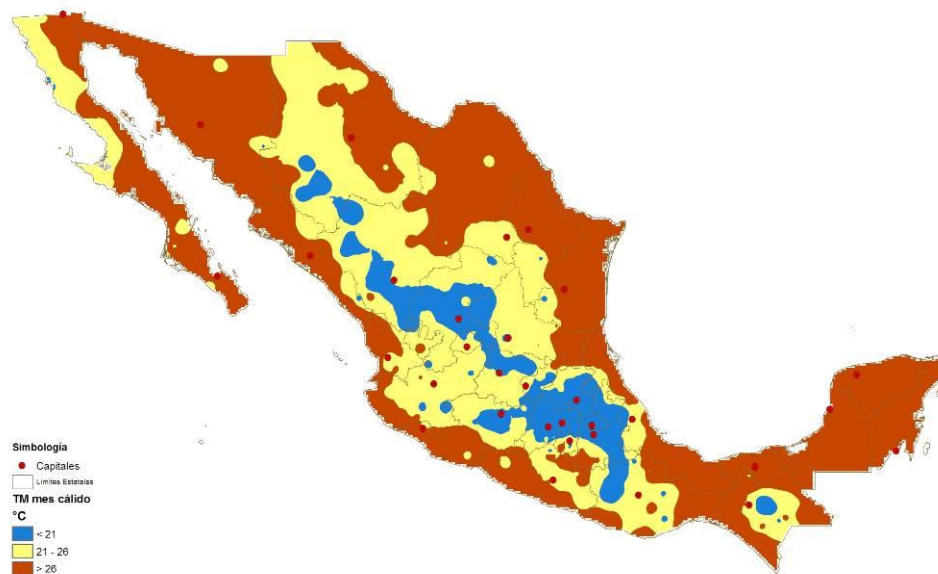
Este mapa se graficó con sólo tres rangos. Temperaturas menores a 21 °C, entre 21 y 26 y mayores a 26 °C.

Las temperaturas medias del mes caluroso por debajo de 21 °C se presentan en la parte alta de la Sierras Tarahumara, Tepehuanes, de Durango, de Zacatecas y de Guanajuato; Las partes altas del eje volcánico incluyendo la meseta central, abarcando la parte central del Estado de Michoacán, casi todo el Estado de México, el D.F. Tlaxcala, gran parte de Hidalgo y Puebla así como la región Mixteca del Estado de Oaxaca; por ultimo, las partes altas del Estado de Chiapas.

Las temperaturas entre 21 y 26 se presentan circundando a las Serranías, es decir, en gran parte de la meseta del norte. El sur de Zacatecas, Aguascalientes, Jalisco, gran parte de Guanajuato y Michoacán, la zona centro de Guerrero y Oaxaca. La zona noroeste de Baja California y la zona central de Chiapas.

Las temperaturas por arriba de 26 °C se ubican en prácticamente todo los litorales, incluyendo toda la Península de Yucatán, Tabasco, el Istmo de Tehuantepec. Hacia el norte del Golfo de México, se encuentra Veracruz, Tamaulipas, gran parte de Nuevo León y Coahuila y el Noreste de Chihuahua. Toda la costa del Pacífico Todo Sonora y Casi todo Baja California Sur. La localidad con la temperatura media más elevada es San Luís Río Colorado, Sonora con 34.2 °C en el mes de julio

Temperatura Media mes más caluroso



Mapa 7. Temperatura media del mes más caluroso

Temperatura Media del mes más frío

Este mapa se graficó con sólo tres rangos. Temperaturas menores a 18 °C, entre 18 y 21 y mayores a 21 °C.

Las temperaturas medias del mes frío por debajo de 18 °C se presentan en toda la parte norte y central de la República Mexicana, llegando hasta la región Mixteca de Oaxaca; La temperatura media más baja se presenta en la estación del Nevado de Toluca con 2.3 °C. Las temperaturas entre 18 y 21 se presentan en las costas de Sinaloa y norte de Veracruz, y en las altitudes medias de los estados de Jalisco, Michoacán, Guerrero Oaxaca y Chiapas. Las temperaturas por arriba de 21 °C se ubican en los litorales desde Nayarit hacia el Sur y sur de Veracruz, incluyendo toda la Península de Yucatán, Tabasco, el Istmo de Tehuantepec.

Temperatura Media mes más frío



Mapa 8. Temperatura media del mes más frío

3.3.2.3 Mapas de Oscilación Térmica

La oscilación o amplitud térmica es la diferencia entre las temperaturas más altas y más bajas registradas en un lugar durante un periodo de tiempo específico. La oscilación térmica anual es la diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y el mes más frío del año, mientras que la oscilación térmica diaria es la diferencia entre la temperatura más elevada y la más baja registrada durante el día.

En general se puede decir que la humedad y las masas de agua tienen un efecto sobre el comportamiento térmico del aire, suavizando o disminuyendo las diferencias térmicas y por lo tanto disminuyendo la oscilación o amplitud térmica. Por lo tanto, generalmente las zonas costeras tendrán una menor oscilación térmica diaria, mientras que en las zonas con bajo contenido de humedad la oscilación diaria será elevada.

La oscilación térmica es muy importante ya que las estrategias de diseño serían muy distintas para dos localidades con igual temperatura media pero con diferentes oscilaciones⁹⁷. Como lo explica Martin Evans⁹⁸, la oscilación juega un papel importante en la arquitectura Bioclimática: "...en climas desérticos o continentales, la amplitud de la temperatura exterior durante el día es muy importante, factor que influye notablemente en la capacidad de lograr el nivel esperado de confort".

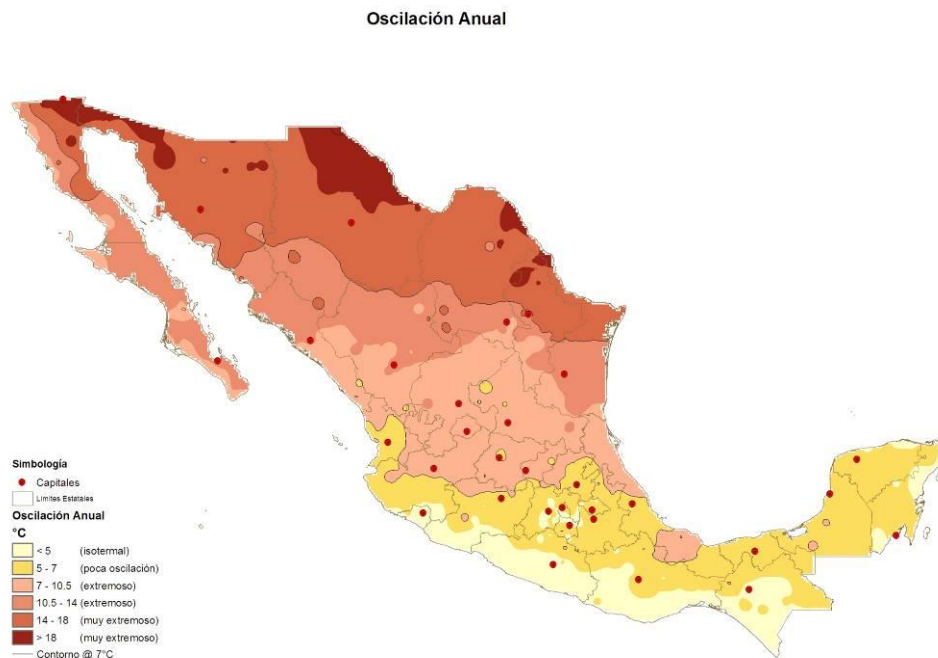
⁹⁷ Por ejemplo, para dos localidades, una con temperaturas mínimas y máximas de 10 °C y 30 °C; y otra con 18 °C y 22 °C respectivamente. Ambas localidades cuentan con una temperatura media de 20 °C; pero una con una oscilación de 20 °C mientras que la otra con 4 °C.

⁹⁸ John Martin Evans. 2000. *Técnicas bioclimáticas de diseño: las tablas de confort y los triángulos de confort*. Memorias de COTEDI 2000 (Conferencia Internacional sobre Confort y comportamiento térmico de las edificaciones) Maracaibo, Venezuela.

Oscilación Anual

En este caso los rangos de oscilación son los siguientes: menor a 5 °C isotermal; entre 5 y 7 °C poca oscilación; entre 7 y 14 °C extremosos y mayor a 14 °C muy extremosos.

En los mapas de la oscilación anual se muestra que el poco efecto de los litorales y más bien el efecto marcado por la latitud. La zona con baja oscilación se presenta desde el norte del Estado de México y Michoacán hacia abajo, con excepción de centro-sur de Veracruz. Por otro lado los lugares con mayor oscilación se presentan a partir del norte de Durango hacia arriba.



Mapa 9. Oscilación Anual

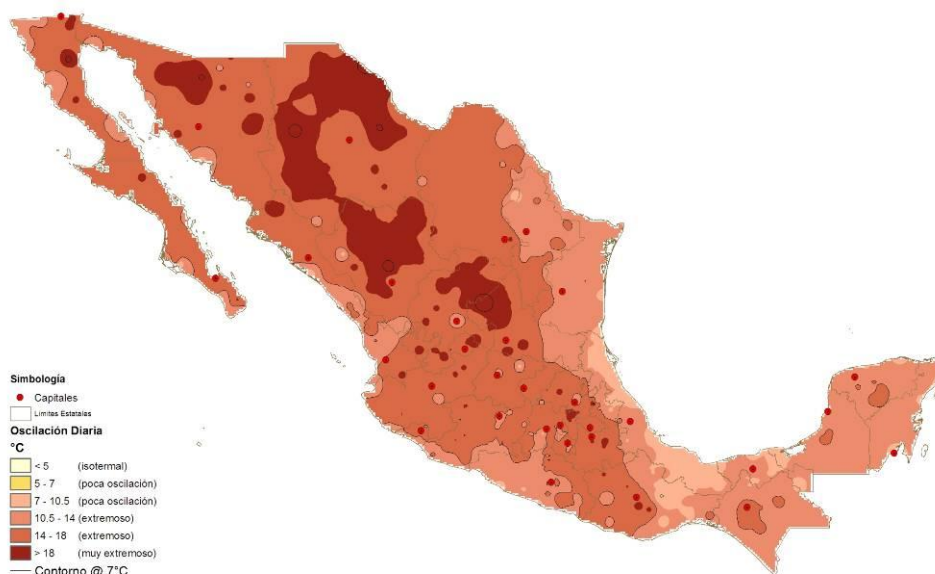
Oscilación Diaria

Los rangos utilizados para la elaboración de este mapa se basan en los mismos criterios utilizados para la oscilación anual⁹⁹, es decir, 5, 7 y 14 °C pero con una nomenclatura desminuida con respecto a la anual, es decir que se clasifican como climas isotermales a los que presentan una oscilación menor a 5 °C, con poca oscilación a aquellos por debajo de 10.5 °C, extremosos entre 10.5 y 18 °C y muy extremosos cuando la oscilación diaria sobrepasa los 18 °C.

El mapa muestra que los lugares con baja oscilación diaria se ubican en las costas tanto del Golfo de México como del Pacífico; y de manera más acentuada en las costas de Veracruz y Tabasco. Los lugares con mayor oscilación diaria abarcan el norte de Zacatecas y San Luís Potosí, gran parte de Durango, Chihuahua y norte de Sonora.

⁹⁹ García, Enriqueta. 1988. *Modificaciones al Sistema de clasificación climática de Köppen* Talleres Larios, México, D.F.

Oscilación Diaria



Mapa 10. Oscilación diaria

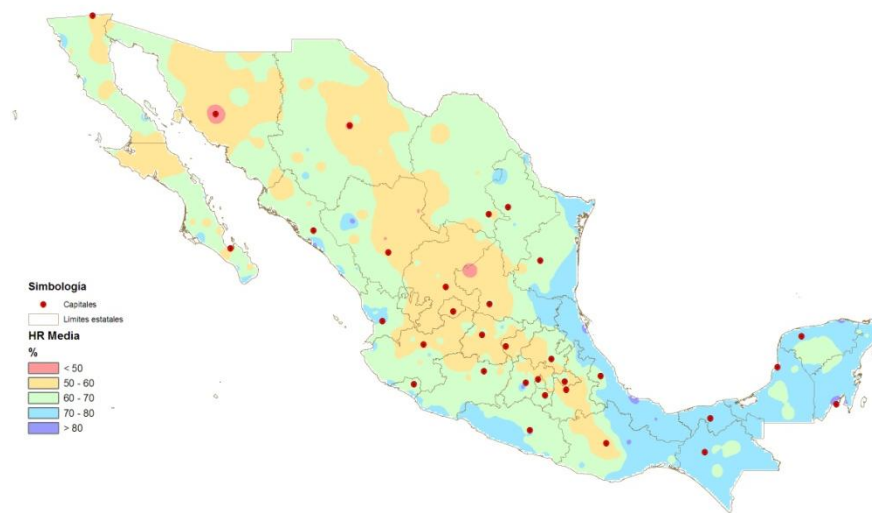
3.3.2.4 Mapas de Humedad Relativa

La humedad relativa es un parámetro difícil de encontrar ya que la mayoría de las estaciones climatológicas no lo reportan. De tal forma que la base de datos elaborada fue conformada con los datos reales reportados para algunas ciudades (generalmente los datos de humedad relativa están disponibles para las ciudades con observatorios meteorológicos, principalmente las capitales de Estado) para las demás ciudades este parámetro fue calculado con base en los algoritmos desarrollados por el Dr. Adalberto Tejeda de la Universidad Veracruzana, Xalapa.

Humedad Relativa Media.

Las regiones con humedad relativa media más elevada, mayor al 70%, se localizan prácticamente en todo la zona costera del Golfo de México y Península de Yucatán. Así como en las costas de Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas; incluyendo a todo el Istmo de Tehuantepec, el estado de Quintana Roo, Tabasco y Sur de Veracruz. Casi todo el resto del país presenta humedades medias entre el 50 y 60%, a excepción de algunos puntos focalizados en San Luis Potosí (municipio de Santo Domingo) y Sonora (municipio de Hermosillo)

Humedad Relativa Media

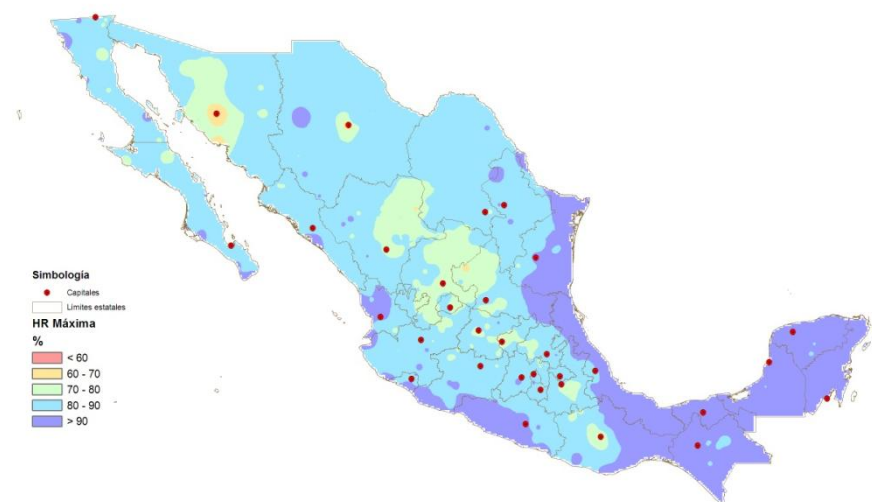


Mapa 11. Humedad Relativa Media

Humedad Relativa Máxima

La humedad Relativa máxima sigue el mismo patrón de distribución espacial que la Humedad Media, pero con niveles más elevados, La zona del Golfo, Península de Yucatán, la costa del pacífico sur incluyendo el Istmo de Tehuantepec superan el 90 % de humedad. Mientras que las humedades máximas más bajas se presentan en el municipio de Hermosillo Sonora con niveles inferiores al 60%.

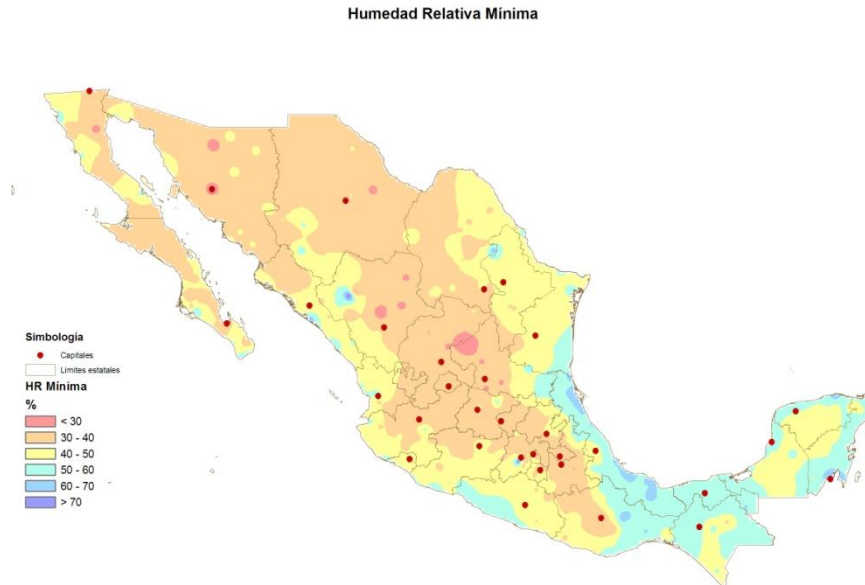
Humedad Relativa Máxima



Mapa 12. Humedad Relativa Máxima

Humedad Relativa Mínima

La humedad Relativa mínimas sigue el mismo patrón de distribución espacial que la Humedad Media, pero con niveles más bajos, La zona del Golfo, Península de Yucatán, la costa del pacífico sur incluyendo el Istmo de Tehuantepec presentan humedades mayores al 60%. Aunque en este caso la zona céntrica de la península de Yucatán y del Estado de Chiapas presentan humedades menores al 50%. Mientras que las humedades máximas más bajas se presentan en el límite entre Zacatecas y San Luis potosí, principalmente en el municipio de Santo Domingo SLP con niveles inferiores al 30%.



Mapa 13. Humedad Relativa Mínima

3.3.2.5 Mapas de Precipitación Pluvial

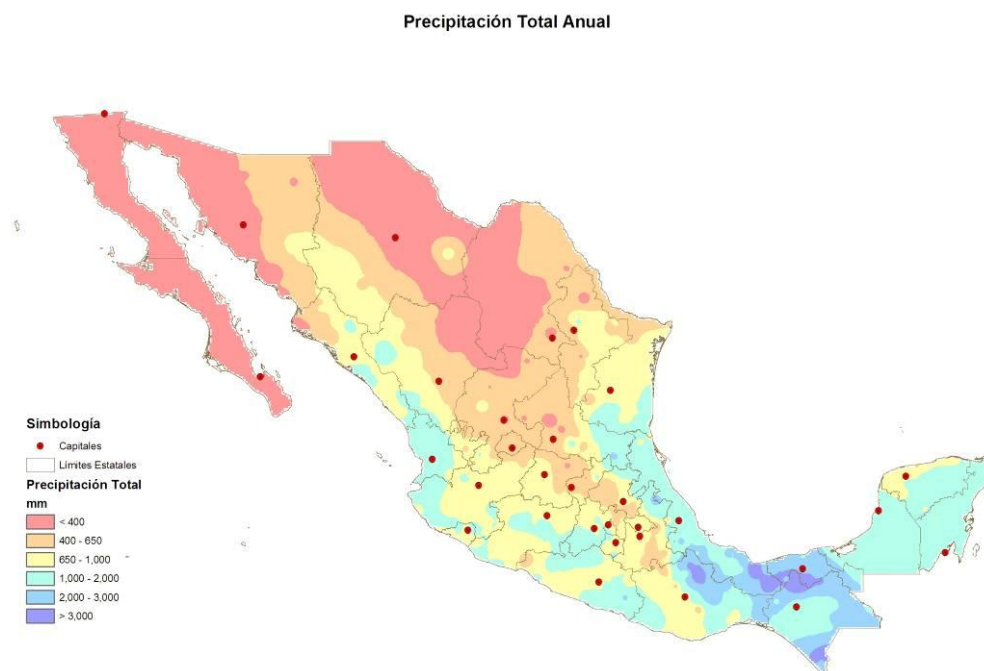
La precipitación pluvial es la caída de humedad atmosférica condensada en gotas de agua. Es una parte muy importante del ciclo hidrológico, y tiene gran importancia desde el punto de vista climático y ecológico. Es uno de los parámetros básicos para la clasificación climática.

Precipitación Total Anual

Se refiere a la suma acumulada de toda la precipitación registrada durante el año. En términos generales la precipitación será poca cuando sea menor a 650 mm, media cuando se encuentre entre 650 y 1000 mm, y alta cuando sobrepasa esta última cifra. Por debajo de 400 mm se considera zona desértica.

El mapa muestra que las zonas con más alta precipitación se encuentran al sur de Veracruz y en el estado de Tabasco. En menor medida pero mayores a los 1,000 mm se encuentra todo el estado de Veracruz, Chiapas, Campeche, Quintana Roo. La parte centro y sur de Yucatán, gran parte de Oaxaca, el sur de Guerrero y las costas de Jalisco y Nayarit. El Centro de Michoacán, sur del Estado de México y Norte de Guerrero.

Con baja precipitación se encuentra toda la mesa del norte, incluyendo parte de Nuevo León, todo Coahuila, Chihuahua, Sonora, gran parte de Durango, Zacatecas y San Luís Potosí y Aguas Calientes. En la zona centro el oriente del Estado de México, y poniente de Hidalgo, centro de Querétaro y Guanajuato. Las zonas desérticas se componen por Coahuila, Chihuahua, norte de Zacatecas y San Luís Potosí. El oeste de Sonora y toda la península de Baja California.

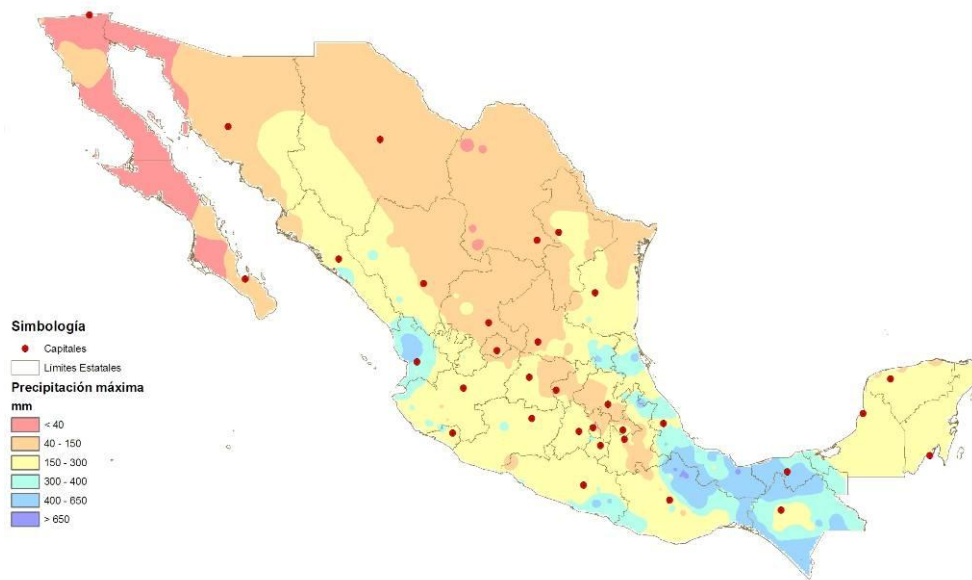


Mapa 14. Precipitación Total Anual

Precipitación del mes más lluvioso

La precipitación del mes más lluvioso se presenta de manera alta en el Sur de Veracruz, Tabasco, gran parte de Chiapas, istmo de Tehuantepec y Nayarit. Las zonas con precipitación baja, corresponden a toda la mesa del norte y la península de baja California.

Precipitación del mes más lluvioso

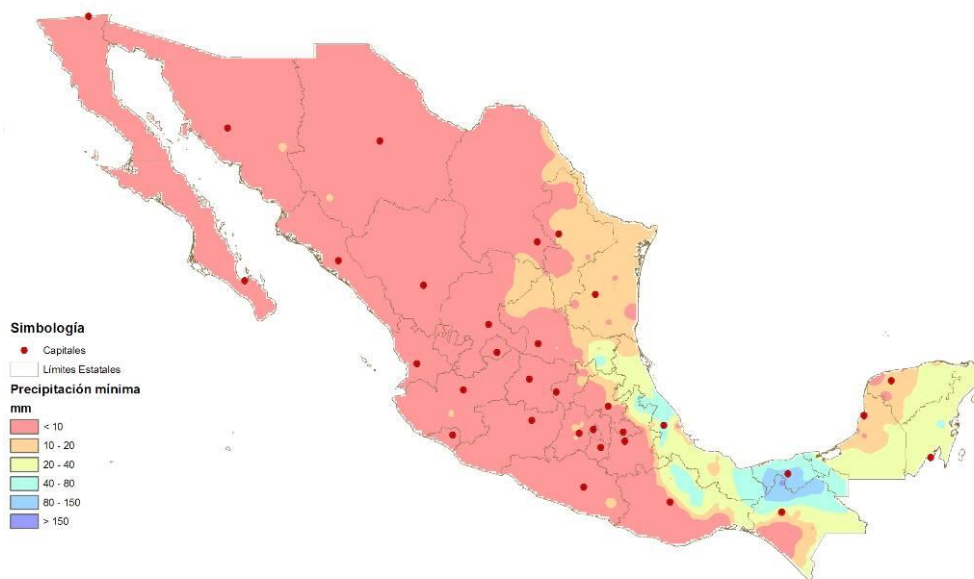


Mapa 15. Precipitación del mes más lluvioso

Precipitación del mes menos lluvioso

En el mes menos lluvioso las precipitaciones altas se presentan prácticamente en el sur de Veracruz, todo Tabasco, y norte de Chiapas. Con lluvias medias, el resto de Veracruz casi toda la península de Yucatán y norte de Oaxaca. Con precipitaciones bajas el resto del país.

Precipitación del mes menos lluvioso



Mapa 16. Precipitación del mes menos lluvioso

Relación Precipitación / Temperatura (P/T)

Este mapa relaciona las variables de temperatura y precipitación y es un factor importante en la definición del clima ya que este valor define el grado de humedad. (También se conoce como el Índice de Aridez de Lang)

Los rangos definidos por Enriqueta García¹⁰⁰ para la clasificación climática son los siguientes:

- Los climas húmedos no se definen de acuerdo al cociente P/T.
- En los climas semi-húmedos (A, C, ó E):

P/T > 55.0 en los climas C, (A)C, E
P/T > 55.3 en los climas A y A(C)
43.2 < P/T < 55.0 en los climas C, (A)C, E
43.2 < P/T < 55.3 en los climas A y A(C)
P/T < 43.2 en los climas C, (A)C, E, A y A(C)

El límite entre los climas sub-húmedos y secos se establece mediante la fórmula rh , la cual depende del régimen de lluvias:

- Para lluvias en verano con precipitación invernal menor al 10.2 %:
 $rs = 2t + 28$
- Para lluvias en verano con precipitación invernal mayor al 10.2 %:
 $rs = 2t + 21$
- Para lluvias intermedias:
 $rs = 2t + 14$
- Para lluvias de Invierno:
 $rs = 2t$

en donde:

t = temperatura media anual (°C)

rh = cantidad mínima necesaria de precipitación anual (expresada en cm.), para que el clima sea húmedo o sub-húmedo; si la estación cuyo clima se clasifica tiene una precipitación anual menor que el valor calculado para rh , el clima es B; rh es el límite entre los secos y los húmedos o sub-húmedos.

- Semi-Áridos, BS1
P/T < 22.9
- Áridos, BS0
P/T < 22.9
- Muy Áridos, BW

¹⁰⁰ García, Enriqueta. 1988. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*, Talleres Larios, México, D.F.

Su límite no se establece por el cociente P/T, sino por la fórmula rs que depende del régimen de lluvias.

- Para lluvias en verano con precipitación invernal menor al 10.2 %:

$$rs = \frac{2t + 28}{2}$$

- Para lluvias en verano con precipitación invernal mayor al 10.2 %:

$$rs = \frac{2t + 21}{2}$$

- Para lluvias intermedias:

$$rs = \frac{2t + 14}{2}$$

- Para lluvias de Invierno:

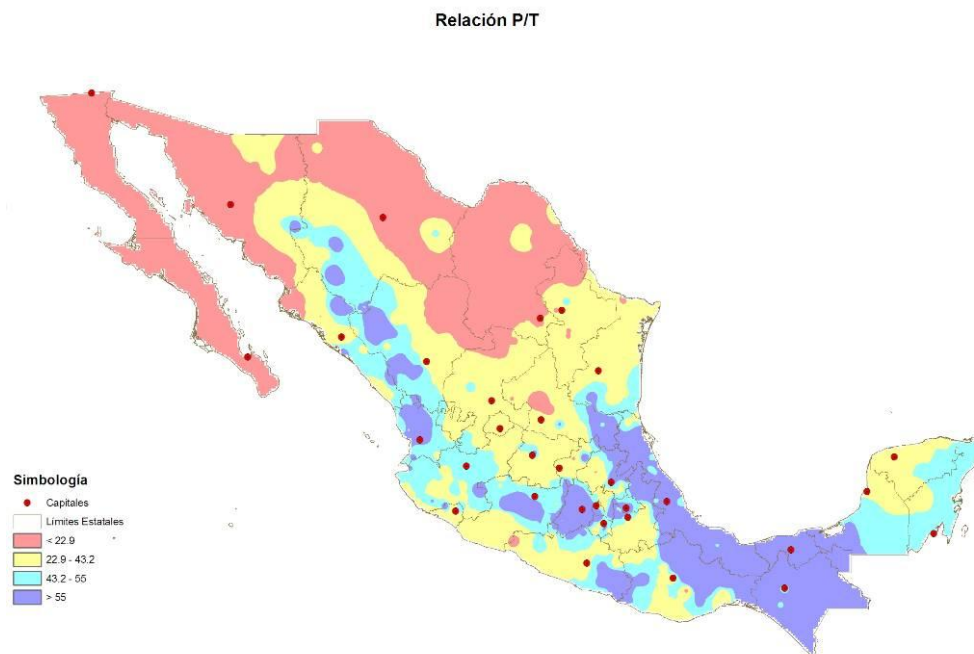
$$rs = \frac{2t}{2}$$

en donde:

t = temperatura media anual (°C)

rs = cantidad mínima necesaria de precipitación anual (expresada en cm.), para que el clima sea BS en cualquiera de sus dos modalidades; si la estación cuyo clima se clasifica tiene una precipitación anual menor que el valor calculado para rs , el clima es muy árido BW; rs es el límite entre BS y BW.

Los valores más altos se ubican en el estado de Veracruz, Tabasco Chiapas y norte de Oaxaca, así como en las partes más elevadas del eje volcánico y de la Sierra Madre Occidental. Los valores más bajos, están localizados en la meseta del norte, poniente de Sonora y toda la península de Baja California.



Mapa 17. Relación Precipitación / Temperatura

Porcentaje de Precipitación invernal

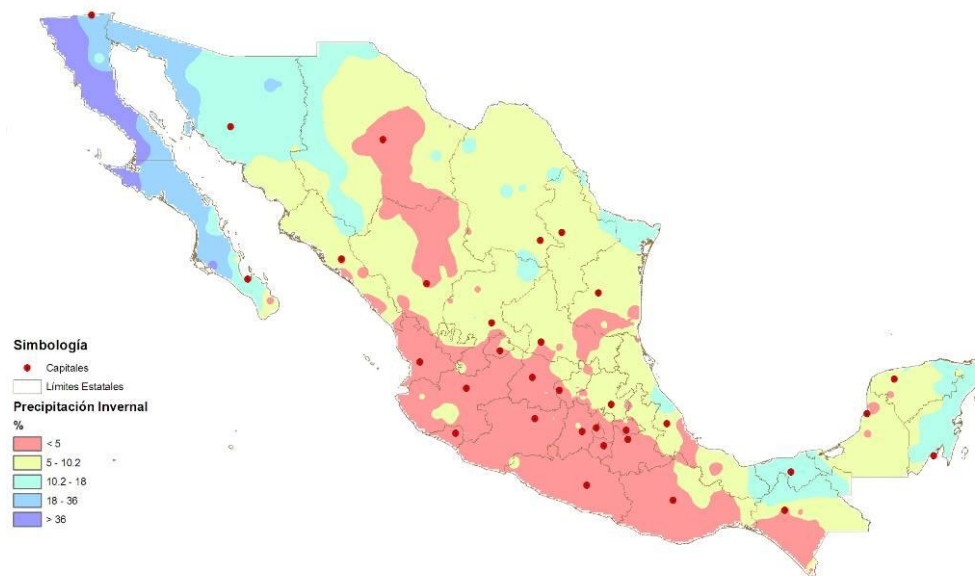
El porcentaje de precipitación invernal ayuda a definir el grado de humedad, junto con el Cociente P/T y el régimen de lluvias que se presenta en la localidad. Los valores pueden ser:

- Para lluvias en verano:
 - %PI < 5
 - %PI entre 5 y 10.2
 - %PI > 10.2
- Para lluvias intermedias:
 - %PI < 18
 - %PI > 18
- Para lluvias de Invierno:
 - %PI < 36
 - %PI > 36

Los menores porcentajes de precipitación invernal se presentan en los estados del suroeste de la República Mexicana, es decir, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, y Sur de Chiapas. Se incluyen algunos estados del centro como: Aguascalientes, Guanajuato, Estado de México, D.F. Morelos y el sur de Puebla. Así mismo el centro de Durango y Chihuahua.

Los porcentajes más elevados de precipitación invernal se presentan en la península de Baja California y noroeste de Sonora.

% de Precipitación Invernal



Mapa 18. Porcentaje de precipitación invernal

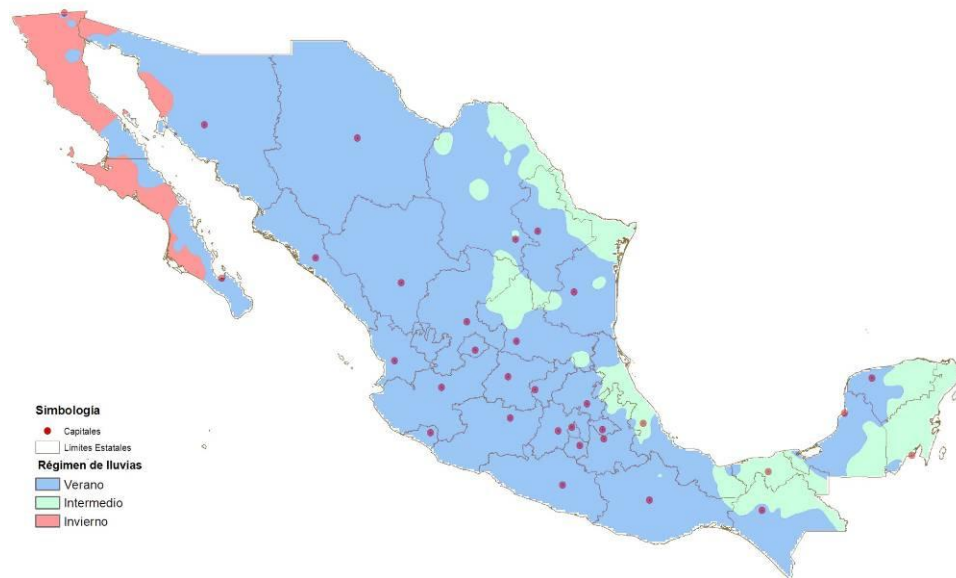
Régimen de lluvias

Existen tres regímenes de lluvia: lluvias de verano, lluvias intermedias y lluvias de invierno. El régimen se determina de acuerdo a los siguientes criterios:

- Lluvias de verano: Por lo menos 10 veces mayor cantidad de precipitación en el mes más húmedo de la mitad caliente del año que en el mes más seco.
- Lluvias Intermedias (entre verano e invierno): Si el máximo de precipitación se encuentra en la mitad caliente del año, no llega a 10 veces la del mes más seco. Si está en invierno no llega a tres veces.
- Lluvias de Invierno: Por lo menos tres veces mayor cantidad de lluvia en el mes más húmedo de la mitad fría del año, que en el mes más seco.

La gran mayoría del territorio Nacional presenta un régimen de lluvias de verano. Las lluvias intermedias se presentan en dos sentidos: Lluvias intermedias abundantes: básicamente en el estado de Quintana Roo, y la mitad este de Yucatán y Campeche. Todo el estado de Tabasco, norte de Chiapas y Sur de Veracruz. El centro de Veracruz, y Norte de Tamaulipas. Lluvias intermedias escasas: Norte de Nuevo León y Noreste de Coahuila. Norte de San Luis Potosí, Noreste de Zacatecas y sur de Nuevo León. El régimen de lluvias de invierno se presenta en el Centro y Norte de Baja California Norte, y Noroeste de Sonora, y prácticamente la costa oeste de Baja California Sur.

Régimen de lluvias



Mapa 19. Régimen de lluvias

3.3.3 Mapas de Agrupación Bioclimática

La Agrupación Bioclimática corresponde a la metodología de Figueroa- Freixanet¹⁰¹, en donde se define el bioclima en función de los requerimientos de climatización natural. Estos requerimientos se establecen por medio de una matriz de tres rangos de temperatura media del mes más caluroso y tres de precipitación pluvial total anual. De esta forma quedan definidos 9 tipos de requerimientos bioclimáticos:

¹⁰¹ Figueroa, A. Fuentes. V. 1991. Criterios de Adecuación Bioclimática en la Arquitectura – 7300 Instituto Mexicano del Seguro Social. México, D.F.

Requerimientos Bioclimáticos

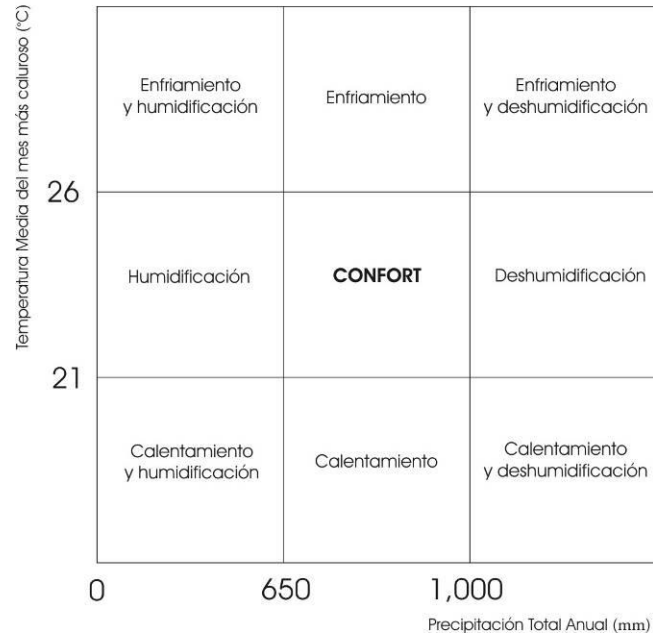


Fig.18 Matriz de Requerimientos Bioclimáticos

A partir de estos requerimientos quedan definió la Agrupación Bioclimática de la siguiente manera:

Agrupación Bioclimática

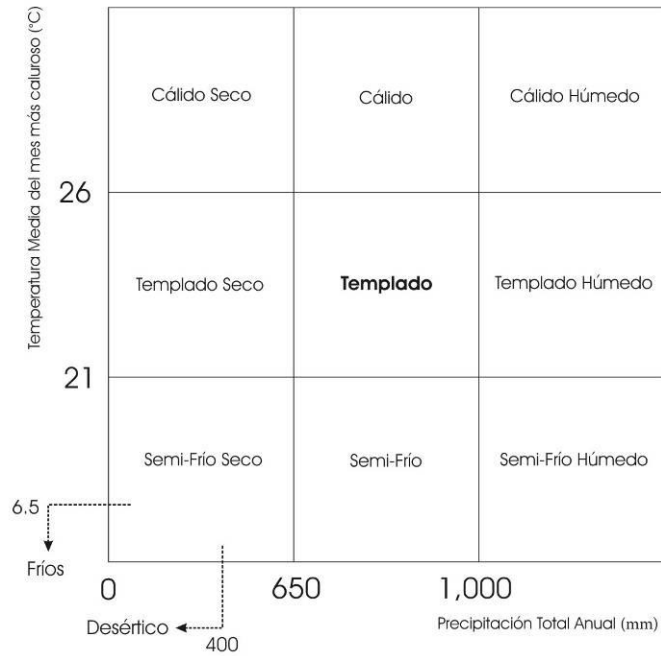
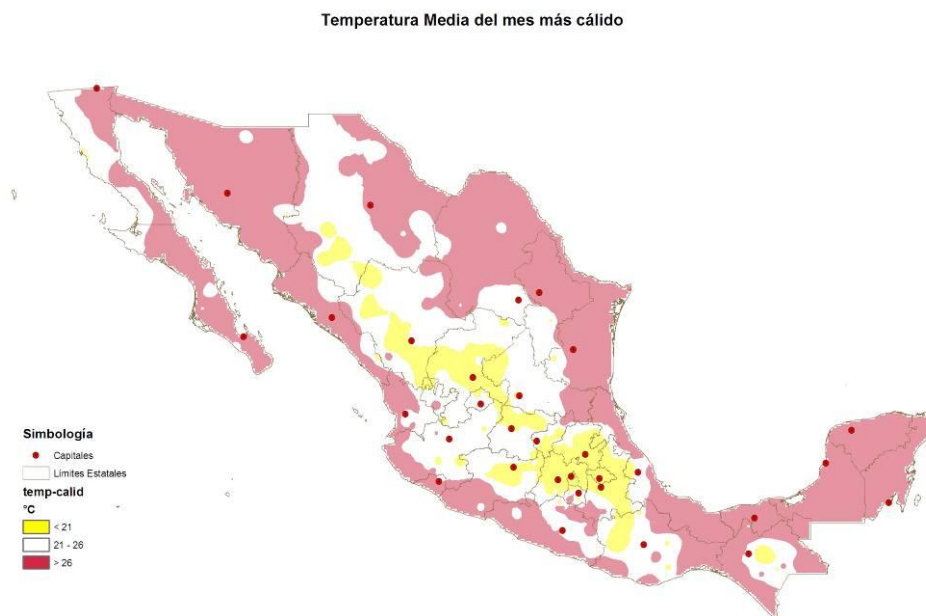


Fig. 19 Matriz de Agrupación Bioclimática

Cabe señalar que esta agrupación bioclimática, en función de los requerimientos básicos de climatización natural, no trata de sustituir a la clasificación climática de Köppen-García, sino únicamente proporcionar, de manera rápida, una visión complementaria de los requerimientos bioclimáticos desde un enfoque arquitectónico.

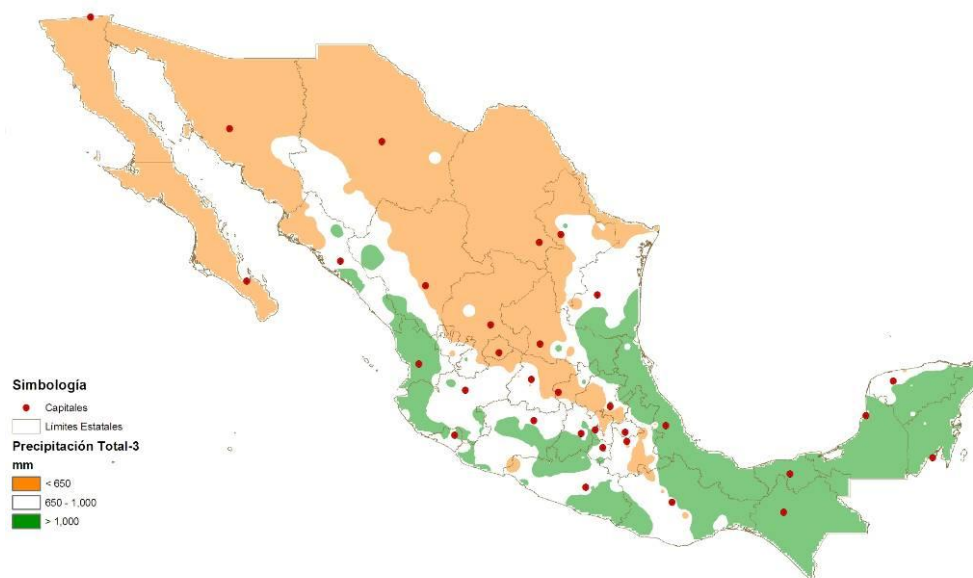
Mapas de Agrupación Bioclimática

Así se graficaron tres mapas de Agrupación Bioclimática: El primero correspondiente a la temperatura media del mes más caluroso en sus tres rangos de menos de 21 °C, entre 21 y 26 °C y mayor a 26 °C. En segundo a la precipitación Pluvial Total Anua con los rangos de menos de 650 mm, entre 650 y 1000, y más de 1000 mm. El último mapa corresponde a la sobre posición de los mapas anteriores, dando por resultado la matriz de nueve bioclimas.



Mapa 20. Temperatura media del mes más caluroso

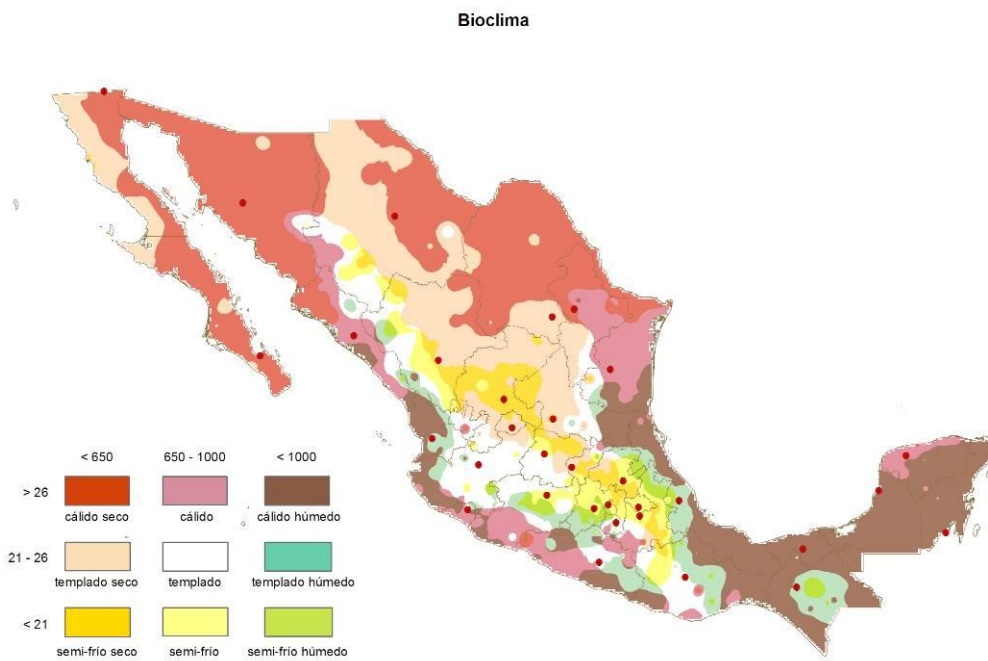
Precipitación Total Anual



Mapa 21. Precipitación Total Anual

Otras consideraciones de agrupación

De acuerdo a Enriqueta García, los climas fríos presentan una temperatura media del mes más caluroso inferior a 6.5 °C, sin embargo en la base de datos de 700 ciudades únicamente la estación del nevado de Toluca presentó esta condición. Por esta razón se refirió utilizar el término Semi-Frío en las localidades con temperaturas del mes más caluroso inferiores a 21 °C. Por otro lado, los climas Cálidos y Cálidos Secos, pueden separarse en secos y secos extremos cuando la oscilación anual es menor o mayor a 7°C respectivamente, y en climas desérticos cuando la precipitación anual sea menor a 400 mm.



Mapa 22. Agrupación Bioclimática

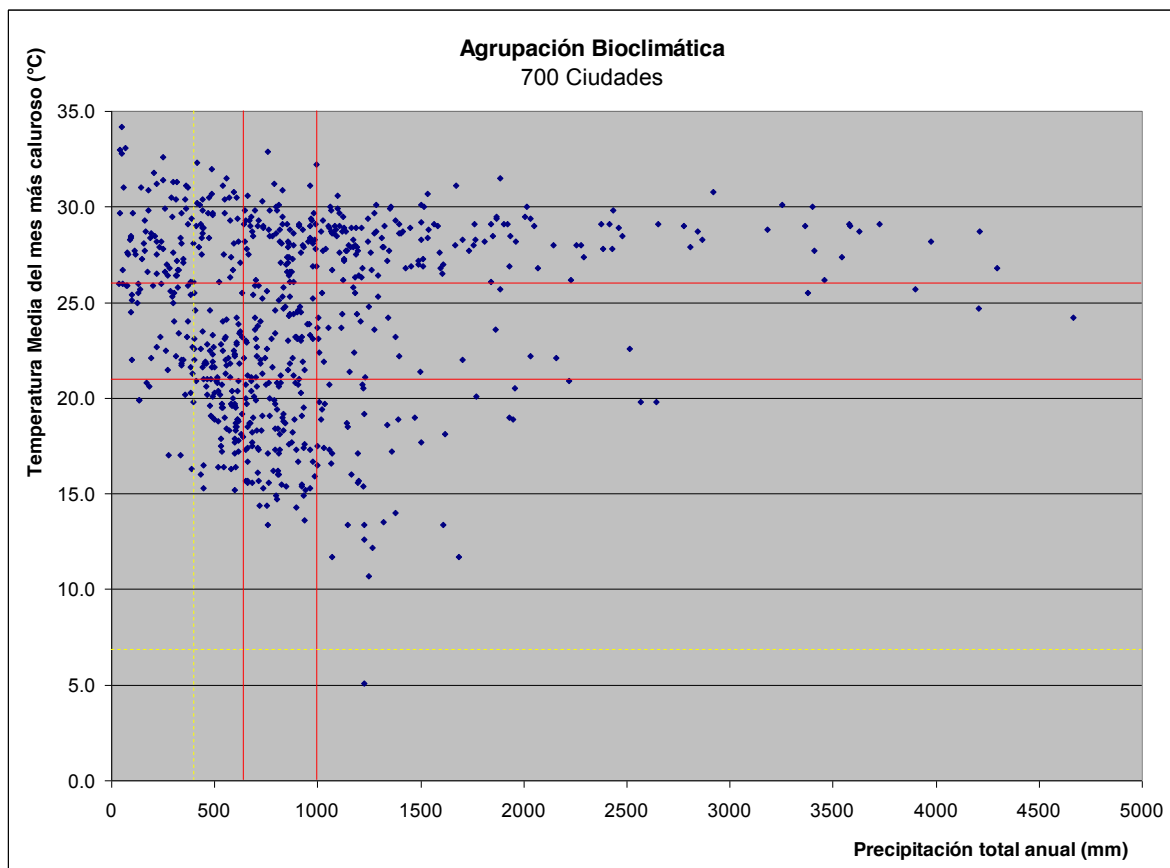


Fig. 20 Grafica de Dispersión 700 ciudades (Matriz de Agrupación Bioclimática)

3.3.4 Mapas de Índices de Confort¹⁰²

Mapas de Temperatura efectiva

El término de “temperatura efectiva” es un índice empírico que fue presentado por primera vez en 1923 por Houghten y Yaglou¹⁰³ quienes lo definieron como la temperatura del aire quieto que en ausencia de radiación produciría la misma sensación bajo diferentes condiciones de temperatura y humedad.

Posteriormente en 1932 la ASHV¹⁰⁴ publicó un nomograma que representaba el índice de temperatura efectiva incluyendo los efectos de la velocidad del aire, Vernon¹⁰⁵ incluyó el efecto de la radiación al incorporar la temperatura de globo en lugar de la temperatura de bulbo seco.

Estos índices de temperatura se han ido perfeccionando, de tal forma que Gagge et al¹⁰⁶ definieron en 1971 una nueva temperatura efectiva ET* utilizando el método racional de dos nodos¹⁰⁷. Ésta es una temperatura de un ambiente uniforme a 50% de humedad relativa que producirá el mismo intercambio de calor neto de la piel, por radiación, convección y evaporación, en el ambiente real.

El índice ET* se define en términos de la temperatura operativa en lugar de la temperatura ambiente. La temperatura operativa es la temperatura de un recinto negro uniforme e isotermal en el cual el ocupante intercambia la misma cantidad de calor por radiación y convección que en el ambiente real no uniforme. Para velocidades de aire inferiores a 0.4 m/s y una temperatura radiante media menor a 50 °C la temperatura operativa es muy similar al promedio de las temperaturas del aire (bulbo seco) y la temperatura radiante media¹⁰⁸.

ASHRAE¹⁰⁹ define la ecuación de ET* como sigue:

$$ET^* = t_o + w_i LR (p_a - 0.5 p_{ET^*,s})$$

donde:

ET* = Nueva temperatura efectiva

t_o = Temperatura operativa¹¹⁰ (°C)

¹⁰² Texto tomado principalmente de Auliciems, A. Szokolay, S. 1997. *Thermal Comfort*. PLEA notes No.3 University of Queensland Department of Architecture. pp 36-38. Brisbane, Australia

Mapas con base en los Datos obtenidos del calculador de parámetros de confort. Dr. Richard De Dear. Macquarie University – Sydney, Australia. 1999. <http://atmos.es.mq.edu.au/~rdedear/pmv/>

¹⁰³ Houghten F.C. and Yaglou, C.P. 1923. *Determination of the Comfort Zone*. ASHVE Research Report No. 673 ASHVE Transactions (American Society of Heating and Ventilating Engineers), Vol. 29 p.361.

¹⁰⁴ ASHVE Guide 1932. American Society of Heating and Ventilating Engineers. U.S.A.

¹⁰⁵ Vernon, H.M. 1932. the Measurement of radiant heat in relation to human comfort. *Journal of Industrial Hygiene*, No. 14 pp 95-111. USA.

¹⁰⁶ Gagge, A.P. J. Stolwijk, and Y. Nishi. 1971. An effective Temperature scale based on a simple model of human physiological regulatory response. *ASRAE Transactions* 77 (1) 247-62. USA

¹⁰⁷ ASHRAE Handbook – Fundamentals 2001. p8.17 Atlanta, USA.

¹⁰⁸ ASHRAE Handbook – HVAC Applications 1999. p52.1 Atlanta, USA.

¹⁰⁹ ASHRAE 2001. Fundamentals. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, P 8.6 USA.

¹¹⁰ La temperatura operativa t_o puede ser definida como el promedio de la temperatura media radiante y la temperatura ambiente del aire ponderada por sus respectivos coeficientes de transferencia de calor.

w =	Grado de humedad de la piel (adimensional)
i _m =	Eficiencia de permeabilidad de vapor (adimensional)
LR =	Relación de Lewis (Lewis ratio) LR = h_e/h_c
h _e =	Coefficiente de transferencia de calor evaporativo (W/m ² kPa)
h _c =	Coefficiente de transferencia de calor convectivo- superficial (W/m ² K)
p _a =	Presión de vapor de agua ambiente (kPa)
p _{ET*,s} =	Presión de vapor saturado a ET* (kPa)

En 1975 Rohles, Hayter y Milliken¹¹¹ Establecen a la temperatura efectiva ET* para predecir el confort térmico. Las líneas de ET* pueden ser graficadas en la carta psicrométrica bajo las siguientes condiciones: Arropamiento: 0.6 clo; Actividad: 1 met; movimiento de aire =< 0.2 m/s; tiempo de exposición; 1 hora.

El primer mapa de temperatura efectiva fue obtenido con base a los datos de Richard De Dear¹¹², los cuales están calculados de acuerdo a los parámetros de ASHRAE

$$t_o = \frac{(\bar{t}_r h_r + t_a h_c)}{(h_c + h_r)}$$

donde:

t_o = temperatura operativa (°C)

t_r = temperatura radiante media (°C)

t_a = temperatura ambiente (°C)

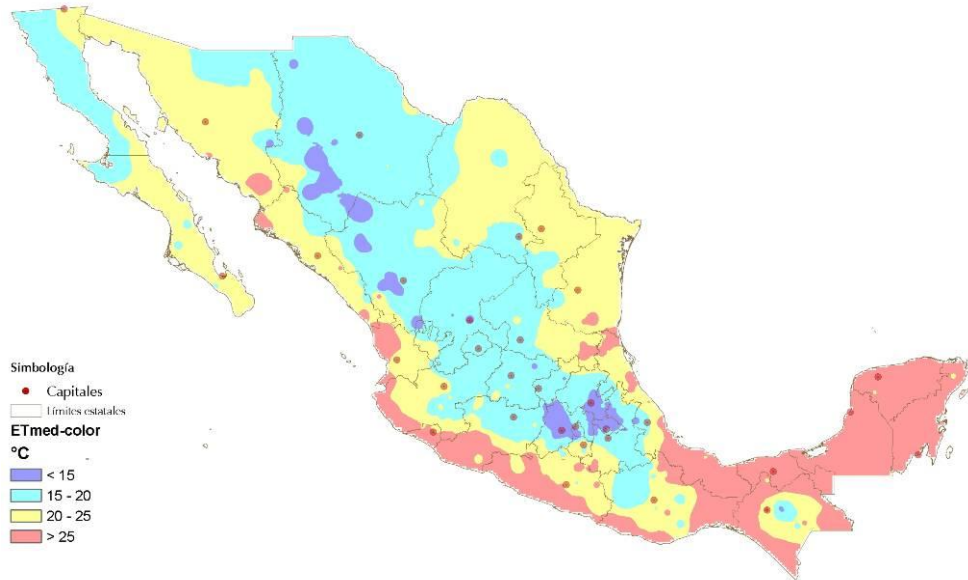
h_r = Coeficiente de transferencia de calor radiativo lineal (W/(m² K))

h_c = Coeficiente de transferencia de calor convectivo (W/(m² K))

¹¹¹ Rohles, F. H. Hayter, R.B. & Milliken, G. 1975. Effective temperature (ET*) as a predictor of thermal comfort. ASHRAE Transactions, Vol. 81. Part II. pp 148-156 USA.

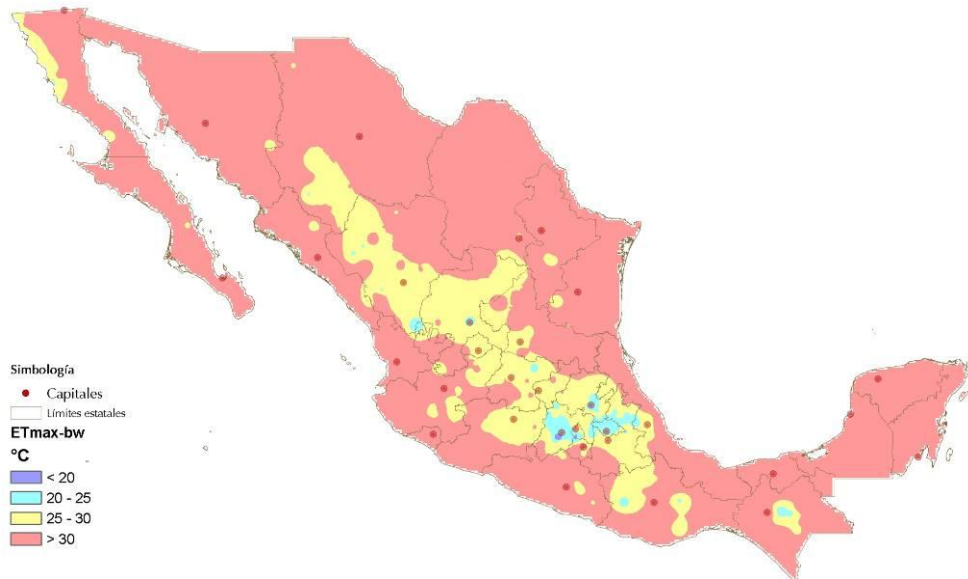
¹¹² Datos obtenidos del calculador de parámetros de confort. Dr. Richard De Dear. Macquarie University – Sydney, Australia. 1999. <http://atmos.es.mq.edu.au/~rdedear/pmv/>

Nueva Temperatura Efectiva - ET*
Temperatura media anual

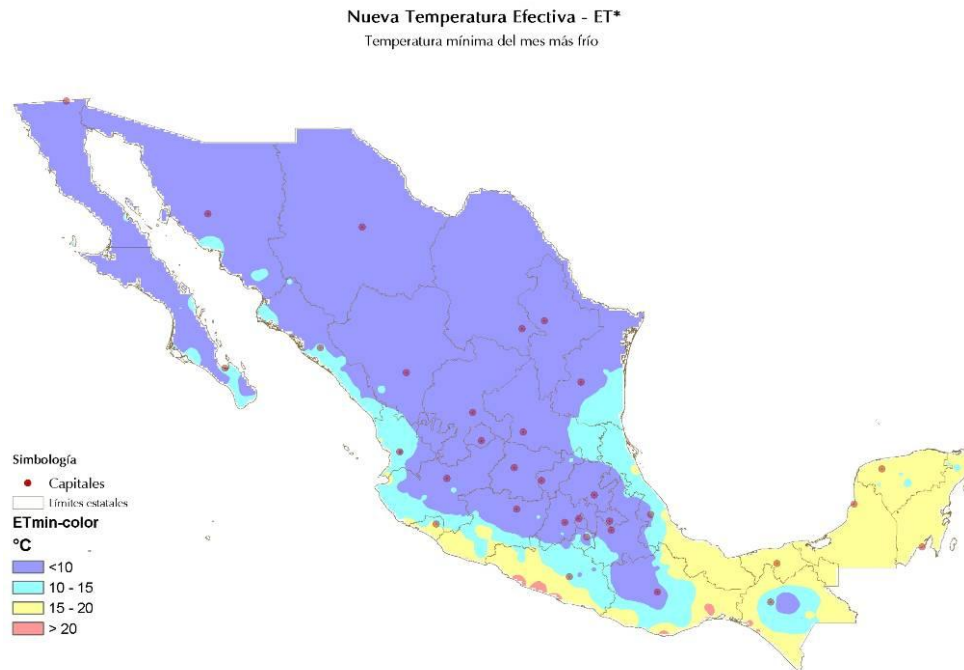


Mapa 23. Nueva temperatura efectiva ET* - temperatura media anual

Nueva Temperatura Efectiva - ET*
Temperatura máxima del mes más caluroso



Mapa 24. Nueva temperatura efectiva ET* - temperatura máxima del mes más caluroso



Mapa 25. Nueva temperatura efectiva ET* - temperatura mínima del mes más frío

El procedimiento de graficación en la carta psicrométrica y un modelo de aproximación de ET* es presentado por Auliciems y Szokolay¹¹³. La temperatura buscada (t) se grafica a partir de la curva de 50% de humedad. A partir de este punto se traza una línea hacia la base de la carta psicrométrica, (TBS) que corresponde a 0 g/Kg de humedad absoluta, en el punto encontrado por la fórmula:

$$DBT_b = T + 0.023(T - 14) AH_T$$

donde:

DBT_b = Punto de intersección sobre la línea base de TBS

T = Temperatura (ET*) buscada (°C)

AH_T = Humedad absoluta de la temperatura T a 50% de HR (g/Kg)

¹¹³ Auliciems, A. Szokolay, S. 1997. *Thermal Comfort*. PLEA notes No.3 University of Queensland Department of Architecture. pp 36-38. Brisbane, Australia.

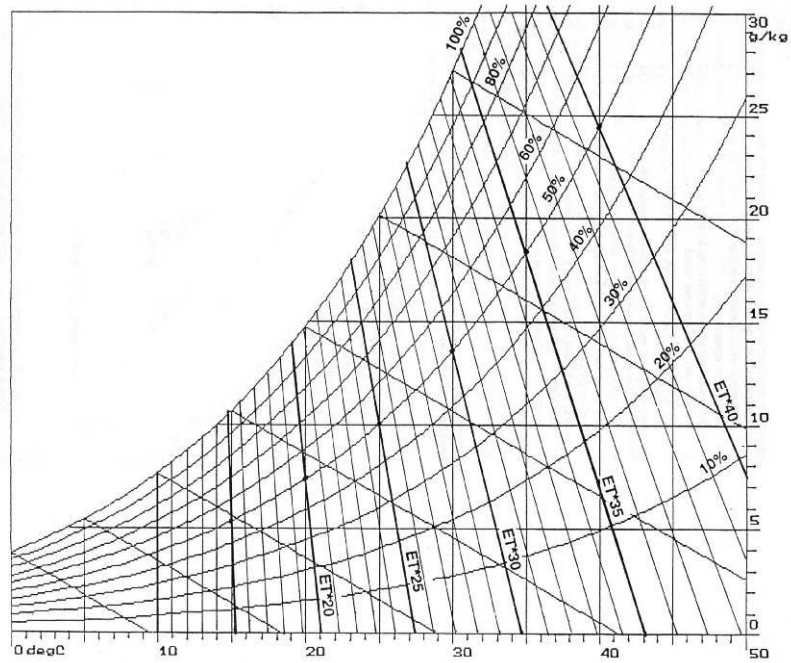


Fig. 21 Carta Psicrométrica⁶¹ con líneas de ET*

Mapa de Temperatura efectiva de Missenard¹¹⁴

El Atlas Nacional de México¹¹⁵ incluye en su apartado de Medio Ambiente la temperatura efectiva según Missenard para los meses de enero, abril, julio y octubre a las 6:00 y 14:00 horas. De tal forma se consideró importante incluir el mapa de Temperatura efectiva de Missenard para la temperatura media anual de manera comparativa al obtenido de De Dear. La fórmula presentada por Missenard es:

$$TE = T_s - 0.4(T_s - 10)(1 - HR)$$

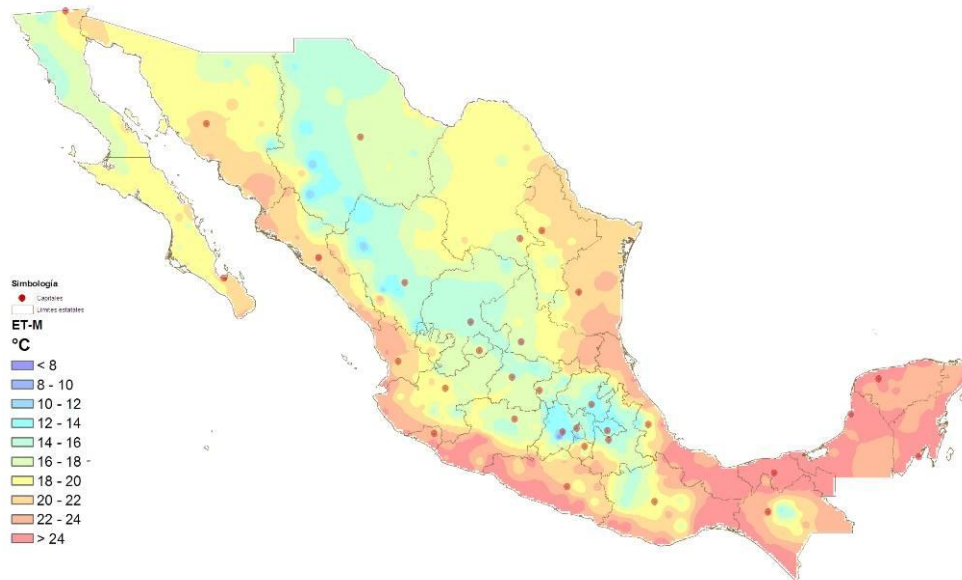
donde:

- TE = Temperatura efectiva
- Ts = Temperatura ambiente (TBS) (°C)
- HR = Humedad Relativa (%)

¹¹⁴ Missenard, Andre. 1937. *L'Homme et le climat*. Eyrolles, Paris France.

¹¹⁵ *Atlas Nacional de México*. 1990. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. (Medio Ambiente V.2.2.) México, D.F.

Temperatura Equivalente - Missenard



Mapa 26. Temperatura Efectiva según Missenard - temperatura media anual

Mapa de Temperatura efectiva de Landsberg¹¹⁶

Se graficó también un mapa con la temperatura efectiva de Landsberg, según Jáuregui, de acuerdo a la fórmula:

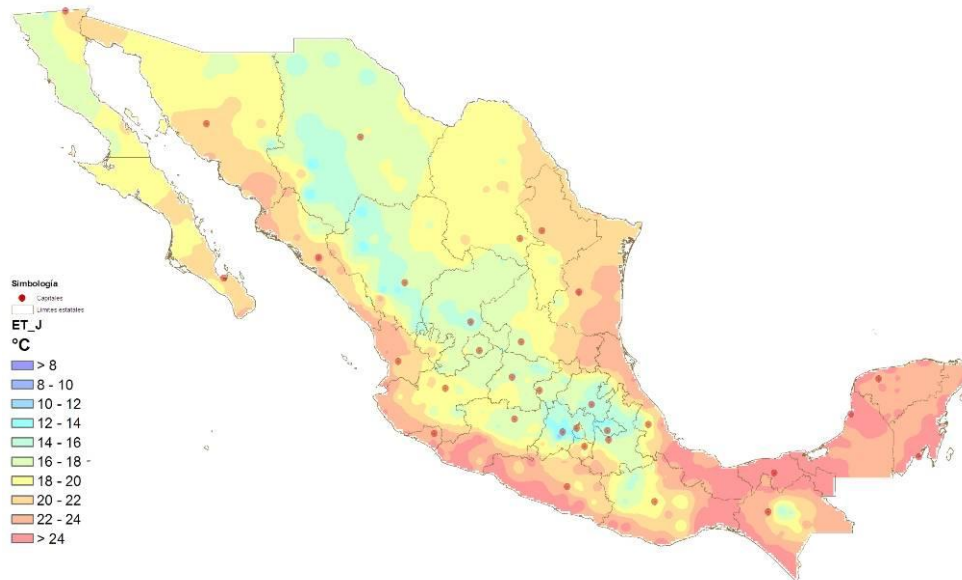
$$TE = 0.4(T_{bs} + T_{bh}) + 4.8$$

donde:

- TE = Temperatura efectiva
- T_{bs} = Temperatura ambiente de bulbo seco
- T_{bh} = Temperatura de bulbo húmedo

¹¹⁶ Jáuregui, E. and Soto, C. 1967. Wet-Bulb Temperatures and Discomfort Index Areal Distribution in México. International Journal of Meteorology Vol. 11, No. 1. pp.21-28
Cf. Jáuregui, E. Tejeda, A. 1997. A scenario of the human bioclimate in a large tropical city with CO₂ doubling. Proceedings of the AAG 93rd Annual Meeting, Fort Worth, Texas, USA.

Temperatura Equivalente - Jauregui



Mapa 27. Temperatura Efectiva según Landsberg - Jauregui - temperatura media anual

Mapa de temperatura efectiva estándar

En 1974 Nishi y Gagge¹¹⁷ proponen el índice de Temperatura efectiva estándar (SET), el cual considera las variaciones de la presión atmosférica y extiende el rango para otras variables. Este índice se define como la temperatura de un recinto cerrado a 50 % de humedad relativa en el cual la temperatura media del cuerpo de un sujeto sedentario (1.1 met) usando un arropamiento de 0.6 clo con el aire quieto (< 0.15 m/s) y a nivel del mar es la misma que el ambiente real. Por lo tanto a nivel del mar bajo condiciones ambientales normales la temperatura efectiva estándar es equivalente a la nueva temperatura estándar, (SET≡ ET*) Sin embargo a altitudes mayores, la diferencia entre estos dos índices se acentúa debido a la mayor humedad de la piel debida a la influencia de la presión barométrica. En condiciones de equilibrio térmico la temperatura efectiva estándar para distintos rangos de temperatura es¹¹⁸:

< 23 °C

$$SET = 23 - 6.13(36.4 - T_b)^{0.7}$$

¹¹⁷ Nishi, Y and Gagge, A. 1977. Effective temperature scale useful for hypo and hyperbaric environments. Aviation, Space and Environment. Medicine Feb. p.97
 Cf. González, R, Nishi, Y & Gagge, A. 1974. Experimental evaluation of Standard effective temperature: A new biometeorological index of man's thermal discomfort. International Journal of Biometeorology Vol. 18 p. 1-15 USA.)

¹¹⁸ Auliciems, A, Szokolay, S. 1997. *Thermal Comfort*. PLEA notes No.3 University of Queensland Department of Architecture. pp 36-38. Brisbane, Australia.

23 y 41 °C

$$SET = 34.95 T_b - 1247.6$$

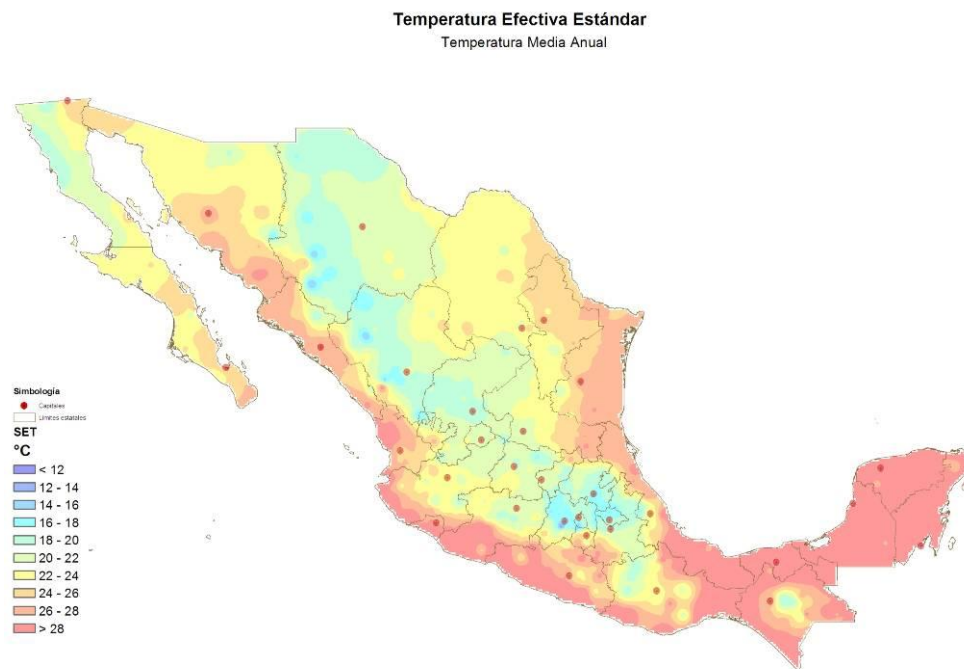
> 41°C

$$SET = 41 + 5.58(T_b - 36.9)^{0.87}$$

donde:

SET = Temperatura efectiva estándar (°C)

T_b = Temperatura media del cuerpo (°C)



Mapa 28. Temperatura Efectiva Estándar - temperatura media anual

La tabla siguiente muestra los valores del voto de confort, sensación y aspectos fisiológicos en función de SET:

Tabla. 3 Rangos y sensaciones de acuerdo a la Temperatura Efectiva Estándar

SET	Voto	Sensación térmica	Aspectos fisiológicos
> 37.5	> 3	Muy caliente, muy incomfortable	Fracaso de la regulación evaporativa
34.5 – 37.5	+2 a +3	Caliente, muy inacceptable	Sudoración profusa
30.0 – 34.5	+1 a +2	Caluroso, incomfortable, inacceptable	Sudoración
25.6 – 30.0	+0.5 a +1	Ligeramente caluroso, ligeramente inacceptable	Sudor ligero, vasodilatación
22.2 – 25.6	-0.5 a +0.5	Confortable, aceptable	Neutralidad térmica fisiológica
17.5 – 22.2	-1 a -0.5	Ligeramente frío, ligeramente inacceptable	Inicio de la vasoconstricción
14.5 – 17.5	-2 a -1	Frío, inacceptable	Enfriamiento lento del cuerpo
10.0 – 14.5	-3 a -2	Frío, muy inacceptable	Inicia estremecimiento

Mapa de índice de estrés de calor

En 1955 Belding y Hatch¹¹⁹ reportaron este índice que se define como la relación del enfriamiento evaporativo requerido para mantener el balance de energía, con respecto enfriamiento evaporativo máximo posible bajo ciertas condiciones dadas.

$$HSI = \left(\frac{E_{req}}{E_{max}} \right) \cdot 100$$

donde:

HSI = Índice de estrés de calor

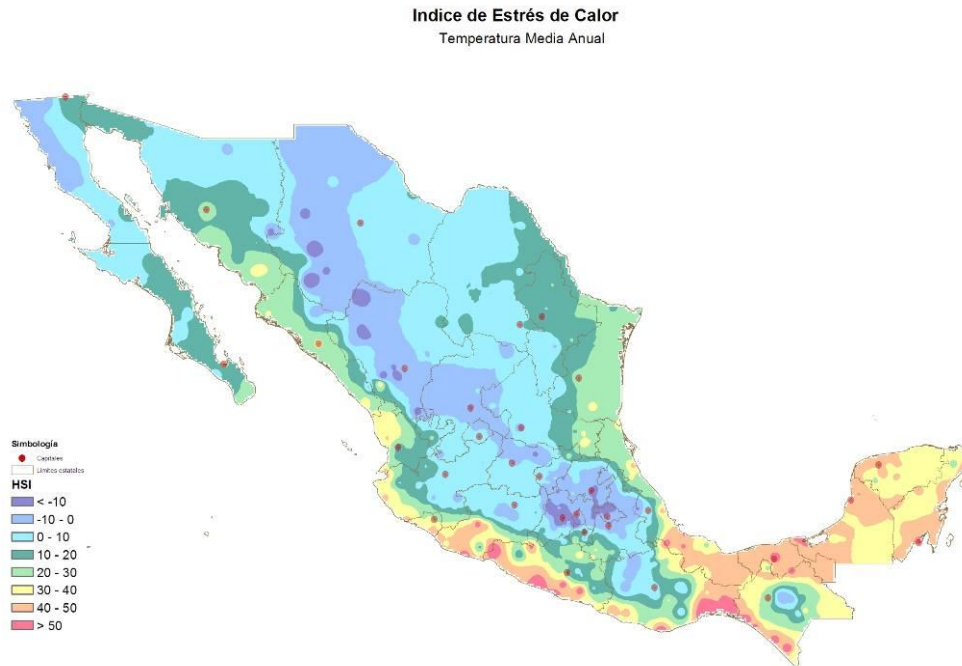
E_{req} = enfriamiento evaporativo requerido

E_{max} = Enfriamiento evaporativo máximo

Con un límite superior de E_{max} de 700 W o 1 L/h de evaporación

¹¹⁹ Belding, H.S. & Hatch, T.F. 1955. Index for evaluating heat stress in terms of resulting physiological strains. Am Journal Heat Pip Air Conditioning, Vol. 27, 8- pp 129-136.

Belding, H.S. & Hatch, T.F. 1956. Index for evaluating heat stress in terms of resulting physiological strains. ASHRAE Transactions 62 pp. 213-236



Mapa 29. Índice de Estrés de Calor - temperatura media anual

Los rangos y sensaciones para HSI, para 8 horas de exposición son:

Tabla 4. Rangos y sensaciones de acuerdo al Índice de Estrés de Calor (HSI)

HSI	Sensación
-10 a -20	Esfuerzo ligero por frío
0	Sin esfuerzo
10 a 30	Esfuerzo ligero a moderado
40 a 60	Esfuerzo severo, amenaza a la salud, disminución del desempeño en el trabajo
70 a 90	Esfuerzo muy severo, tolerado sólo por la gente aclimatada
100	Máximo tolerado sólo por los hombres jóvenes más aclimatados; límite superior del equilibrio térmico, con un grado de sudoración de 1 L/h. arriba del cual el calentamiento corporal puede suceder y sólo puede ser tolerado por periodos cortos máximo hasta 1.8 K

Mapa de Índice de Discomfort

El índice de discomfort de Gagge es similar al PMV de Fanger y usa la misma escala de siete rangos. Para condiciones calurosas está en función de la sudoración o grado de humedad de la piel.

$$DISC = 5 (w - 0.06)$$

Pero generalmente se deriva del valor calculado de la temperatura efectiva estándar (SET).

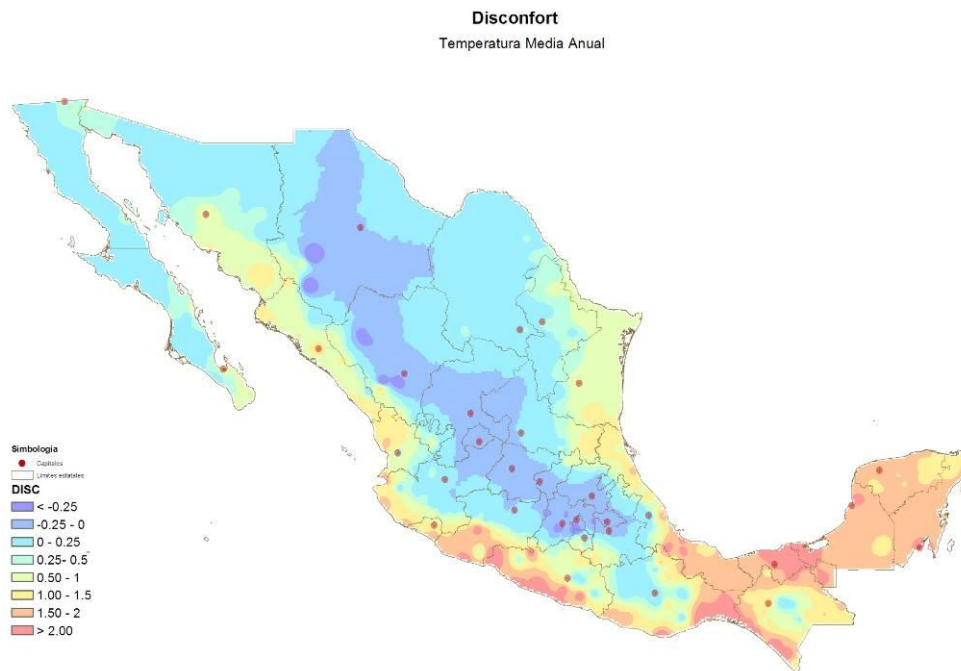
$$DISC = 0.00543 (SET - 17.5)^{2.12}$$

donde:

DISC = Índice de disconfort

w = grado de humedad de la piel

SET = Temperatura efectiva estándar



Mapa 30. Índice de Disconfort - temperatura media anual

Tabla. 5 Escala de Disconfort (DISC)

Voto	Sensación
3	Demasiado Caluroso
2	Muy caluroso
1	Confortablemente caluroso
0	Confortable
-1	Confortablemente frío
-2	Muy frío
-3	Demasiado frío

Mapa de Índice de Sensación Térmica

El Índice de Sensación Térmica utiliza la misma escala de ASHRAE, pero la extiende a 10 puntos. Las ecuaciones para el cálculo de TSENS son las siguientes¹²⁰:

$$TSENS = 0.4685(T_b - T_{b,c})$$

$$T_b < T_{b,c} \text{ en un ambiente frío}$$

$$TSENS = 4.7 \eta_{ev} (T_b - T_{b,c}) / (T_{b,h} - T_{b,c})$$

$$T_{b,c} \leq T_b \leq T_{b,h} \text{ en un ambiente templado}$$

$$TSENS = 4.7 \eta_{ev} + 0.4685(T_b - T_{b,h})$$

$$T_{b,h} < T_b \text{ en un ambiente caluroso}$$

donde:

TSENS = Sensación Térmica

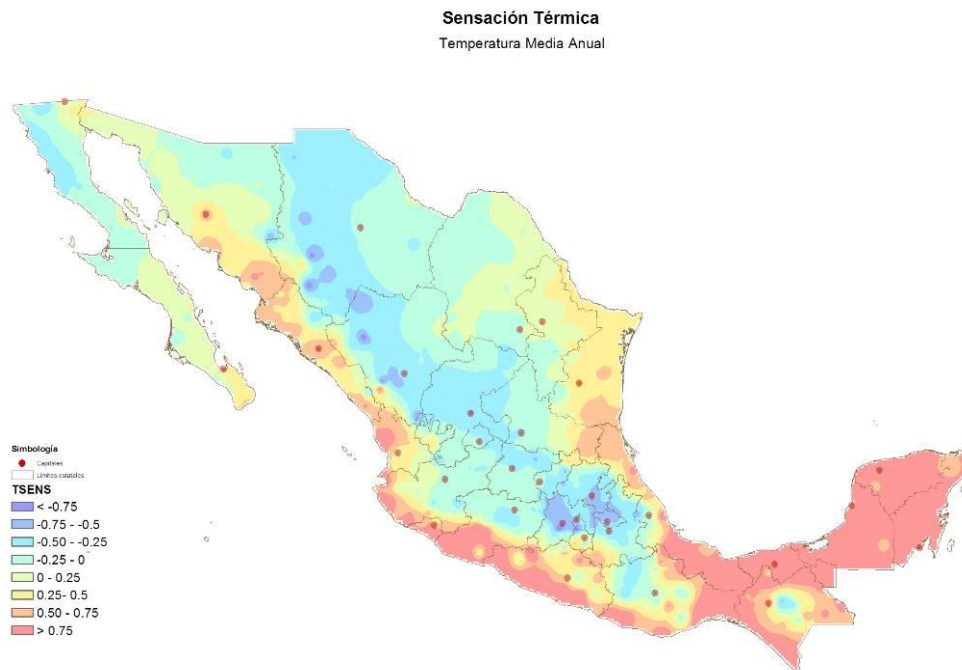
T_b = Temperatura media del cuerpo (°C)

$T_{b,c}$ = Temperatura media del cuerpo para el límite inferior para la zona de regulación evaporativa (°C)

$T_{b,h}$ = Temperatura media del cuerpo para el límite superior para la zona de regulación evaporativa (°C)

η_{ev} = Eficiencia evaporativa

Para el cálculo de manera simplificada del índice de Sensación Térmica se pueden usar las ecuaciones de regresión:



Mapa 31. Índice de Sensación Térmica - temperatura media anual

¹²⁰ Jaewook, L & Strand, R. 2001. An analysis of the effect of the building envelope on thermal comfort using the EnergyPlus program. University of Illinois, School of architecture. USA.

Tabla. 6 Ecuaciones para Sensación Térmica (TSENS)¹²¹

exposición	género		TBS (°C)	pv (kPa)
1 hora	masculino	TSENS =	0.220 t +	0.233 pv – 5.673
	femenino	TSENS =	0.272 t +	0.248 pv – 7.245
	combinado-mixto	TSENS =	0.245 t +	0.248 pv – 6.475
2 horas	masculino	TSENS =	0.221 t +	0.270 pv – 6.024
	femenino	TSENS =	0.283 t +	0.210 pv – 7.694
	combinado-mixto	TSENS =	0.252 t +	0.240 pv – 6.859
3 horas	masculino	TSENS =	0.212 t +	0.293 pv – 5.959
	femenino	TSENS =	0.275 t +	0.255 pv – 8.622
	Combinado-mixto	TSENS =	0.243 t +	0.278 pv – 6.802

Los valores consideran a un adulto joven en actividad sedentaria, usando un arropamiento de 0.5 clo, con una temperatura radiante media igual a la temperatura ambiente (TBS) y un movimiento de aire $v < 0.2$ m/s.

Tabla 7. Escala de Sensación Térmica (TSENS)

Voto	Sensación
5	Dolorosamente caliente
4	Muy caliente
3	Caliente
2	Cálido
1	Ligeramente cálido
0	Neutral
-1	Ligeramente fresco
-2	Fresco
-3	Frío
-4	Muy frío

Modelo fisiológico

Mapa de Voto Medio Pronosticado

Este modelo de confort fue desarrollado por P.O. Fanger¹²². Es un modelo **fisiológico** que toma en consideración todas las variables de intercambio de energía del cuerpo, asumiendo a una persona

¹²¹ Guan, Y., M.H. Hosni, B.W. Jones, and T.P. Giolda. 2003. "Investigation of Human Thermal Comfort Under Highly Transient Conditions for Automobile Applications, Part 1 Experimental Design and Human Subject Testing, Part 2 Thermal Sensation Modeling." ASHRAE Transactions, 109, Part 2, Cf. Jones, B.W. "Capabilities and Limitations of Thermal Models for Use in Thermal Comfort Standards." Energy and Buildings, 34, No. 6, 2002. Institute for Environmental Research, Kansas State University, Manhattan, KS 66506, USA

¹²² Fanger, P.O. 1972. *Thermal Comfort*. McGraw Hill, New York, USA.

quieta. El modelo fue correlacionado con datos experimentales dando por resultado la fórmula de PMV siguiente¹²³:

$$PMV = \left[0.303 e^{-0.036 M} + 0.028 \right] L$$

donde:

L = Carga térmica corporal (W/m²)

L = H-P

H = Grado de producción interna de calor (H = M - W) (W/m²)

P = Todos los modos de pérdida de energía del cuerpo (W/m²)

M = Energía generada por producción metabólica (W/m²)

W = Energía generada por trabajo externo (W/m²)

Las pérdidas totales P, se estiman mediante la ecuación:

$$\begin{aligned} P = & 3.96 \times 10^{-8} f_{cl} \left[(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4 \right] \\ & + f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \\ & + 3.05 \left[5.73 - 0.007(M - W) - p_a \right] \\ & + 0.42 \left[(M - W) - 58.15 \right] \\ & + 0.0173 M (5.87 - p_a) \\ & + 0.0014 M (34 - t_a) \end{aligned}$$

donde:

f_{cl} = Factor de área de arropamiento (adimensional)

t_{cl} = Temperatura superficial de la ropa (°C)

t_r = Temperatura radiante media (°C)

h_c = convección superficial (W/ m² K)

t_a = Temperatura del aire (°C)

p_a = Presión de vapor ambiente (kPa)

De tal forma L queda definida por:

¹²³ ASHRAE 2001. Fundamentals. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, P 8.16 USA.

$$L = [M - W] - \left(\begin{array}{l} 3.96 \times 10^{-8} f_{cl} \left[(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4 \right] \\ + f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \\ + 3.05 [5.73 - 0.007 (M - W) - p_a] \\ + 0.42 [(M - W) - 58.15] \\ + 0.0173 M (5.87 - p_a) \\ + 0.0014 M (34 - t_a) \end{array} \right)$$

La temperatura de la ropa t_{cl} se puede encontrar por iteración mediante la ecuación:

$$t_{cl} = 35.7 - 0.028(M - W) - R_{cl} \left\{ 39.6 \times 10^{-9} f_{cl} \left[(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4 \right] + f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \right\}$$

donde:

- t_{cl} = Temperatura superficial de la ropa (°C)
- M = Energía generada por producción metabólica (W/m²)
- W = Energía generada por trabajo externo (W/m²)
- R_{cl} = Resistencia térmica de la ropa (m² K/W)
- f_{cl} = Factor de área de arropamiento (adimensional)
- \bar{t}_r = Temperatura radiante media (°C)
- h_c = convección superficial (W/ m² K)
- t_a = Temperatura del aire (°C)

De tal forma, la combinación de las variables ambientales y personales que producen una sensación de equilibrio (neutra) se puede expresar como:

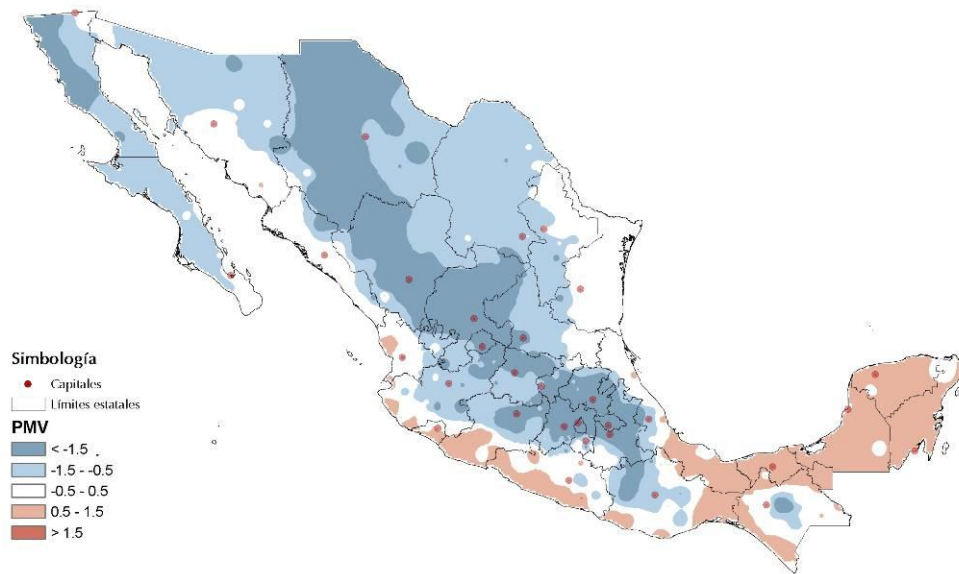
$$M - W = P$$

El voto medio pronosticado (PMV) es un índice que expresa la calidad del ambiente térmico a partir del valor medio de los votos de un gran número de personas con base en una escala de sensación térmica de siete grados: La escala referida al Voto Medio Pronosticado (estimado) (PMV) es:

Tabla 8. Escala de Voto Medio Pronosticado (PMV)

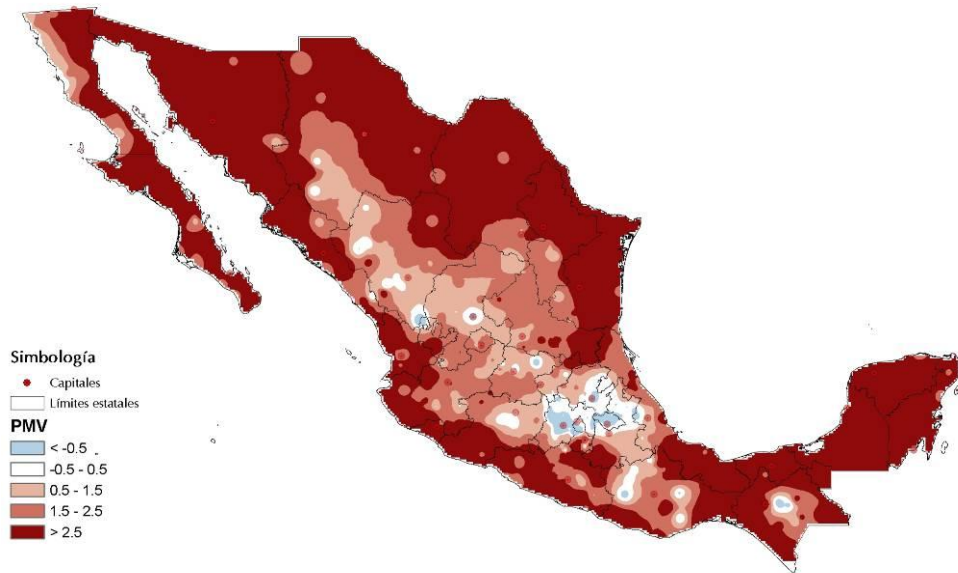
Voto	Sensación
3	Caliente
2	Cálido
1	Ligeramente cálido
0	Neutral
-1	Ligeramente fresco
-2	Fresco
-3	Frío

Voto Medio Pronosticado - PMV
Temperatura media anual



Mapa 32. Voto Medio Pronosticado – temperatura media anual

Voto Medio Pronosticado - PMV
Temperatura máxima del mes más caluroso



Mapa 33. Voto Medio Pronosticado – temperatura máxima del mes más caluroso

Voto Medio Pronosticado - PMV
Temperatura mínima del mes más frío



Mapa 34. Voto Medio Pronosticado – temperatura mínima del mes más frío

Mapa de Porcentaje de Insatisfacción Pronosticada (estimada)

El porcentaje de insatisfacción estimada esta en función del PMV y muestra el porcentaje de personas que muestran insatisfacción con respecto al Voto Medio Pronosticado es decir, con respecto a las condicionantes térmicas circundantes.

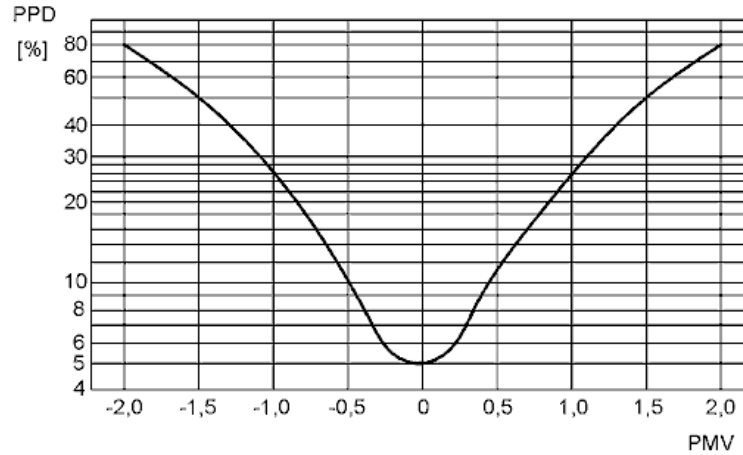


Fig. 22 Relación PMV-PPD

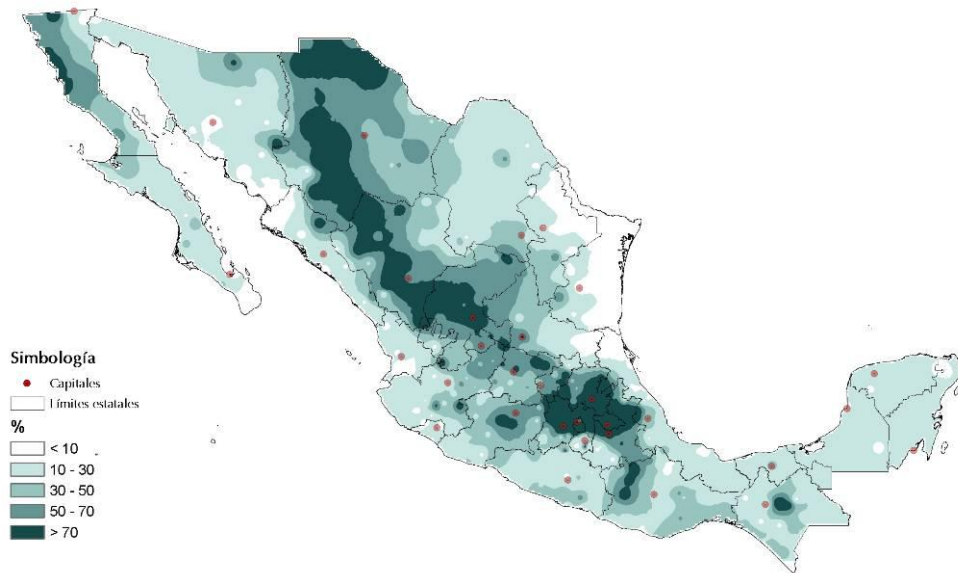
El Porcentaje de insatisfacción pronosticada se puede estimar mediante la siguiente fórmula¹²⁴:

$$PPD = 100 - 95 e^{-\left(0,03353 PMV^4 + 0,2179 PMV^2\right)}$$

Como puede observarse, el valor mínimo de insatisfacción es de 5% aún con un PMV=0
Un PMV = 0.5 equivale a 10% de personas insatisfechas con su entorno térmico.

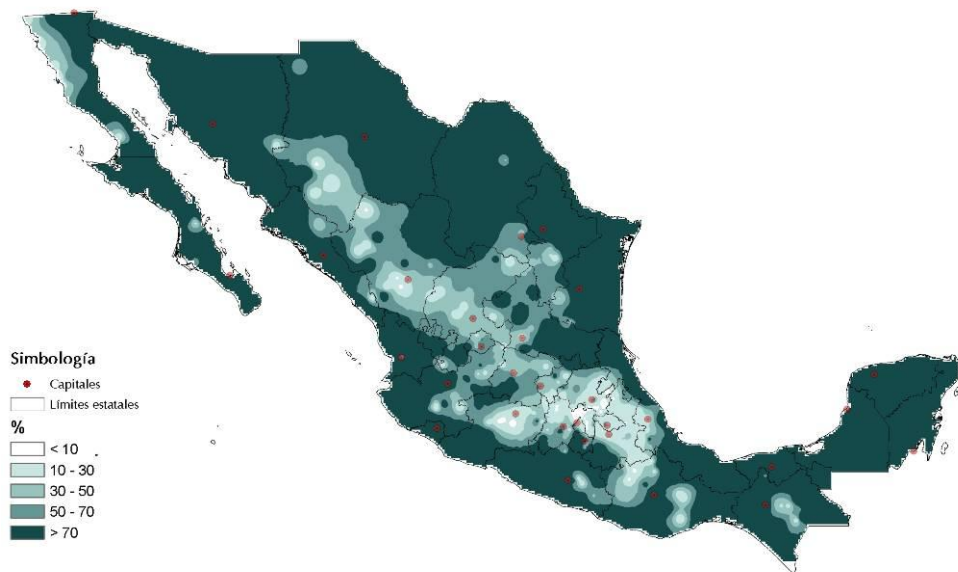
¹²⁴ Op. Cit. ASHRAE Fundamentals 2001. p 8.17
Cf. ISO Standard 7730. International Organization for Standardization

Porcentaje de Insatisfacción Pronosticado - PPD
Temperatura media anual



Mapa 35. Porcentaje Pronosticado de Insatisfacción - temperatura media anual

Porcentaje de Insatisfacción Pronosticado - PPD
Temperatura máxima del mes más caluroso



Mapa 36. Porcentaje Pronosticado de Insatisfacción - temperatura máxima del mes más caluroso

Porcentaje de Insatisfacción Pronosticado - PPD Temperatura mínima del mes más frío



Mapa 37. Porcentaje Pronosticado de Insatisfacción - temperatura mínima del mes más frío

Modelos adaptativos

Mapas de temperatura neutra de Humphreys

El modelo fisiológico de Fanger ha sido criticado, porque si bien establece claramente la respuesta térmica del organismo, se basa en experimentaciones bajo ambientes controlados (laboratorio) con sujetos en estado de quietud. En la realidad esto no sucede, ya que el organismo está expuesto a constantes cambios ambientales, el individuo está en constante movimiento y actividad, y se adapta en cierta medida a las condiciones que le impone su entorno.

Se pueden distinguir tres categorías básicas de adaptación¹²⁵:

Ajustes de comportamiento:

Incluye todas las modificaciones que hace el individuo de forma consciente o inconsciente para modificar los flujos de calor y masa que intervienen en el balance térmico del cuerpo.

- Ajustes personales: ajustes de arropamiento, actividad, postura, comida o bebidas, o cambiarse de ubicación.
- Ajustes ambientales o tecnológicos: modificar su entorno cuando es posible, como, abrir o cerrar ventanas, prender o apagar ventiladores o calefactores, bloquear difusores o operar controles de sistemas de acondicionamiento.

¹²⁵ De Dear, R. Brager, G, Cooper, D. 1997. *Developing an adaptive model of thermal comfort and preference*. ASHRAE RP884.

- Ajustes culturales: cambio de horario de actividades, códigos de vestido, siestas o descansos, etc.

Ajustes fisiológicos:

- Adaptación genética, que se desarrolla en escalas grandes de tiempo y van más allá de la vida de un individuo.
- Aclimatación. cambio en el grupo de sistemas de regulación fisiológica en periodos diarios, semanales, mensuales, estacionales o anuales, en respuesta a elementos ambientales simples o combinados

Ajustes psicológicos:

Se refiere a alteración de la percepción o respuesta ante diversa información sensorial. La percepción térmica es directamente y significativamente atenuada por la experiencia y expectativas con respecto al ambiente inmediato. Esta forma de adaptación puede involucrar al conjunto de parámetros de confort de los ocupantes de un espacio o edificio, y puede variar a lo largo del tiempo y del espacio. También la relajación de las expectativas climáticas o ambientales puede estar en función de la noción de habituación en términos psicofisiológicos. Exposición repetida o crónica a ciertas condiciones ambientales conduce a una disminución de la intensidad de la sensación provocada.

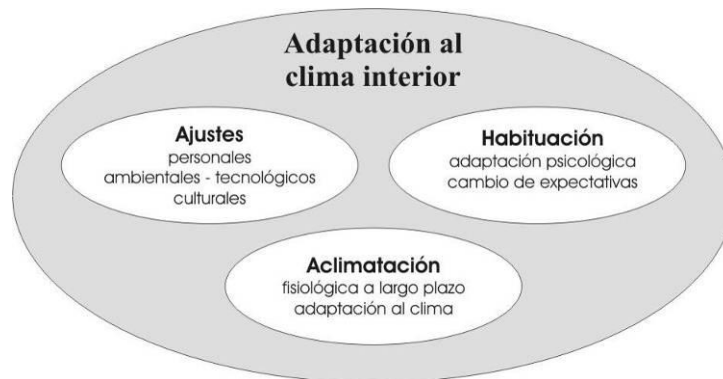


Fig. 23 Tipos de adaptación al clima interior

Con base en los modelos de adaptación (adaptativos) se graficaron diversos mapas:

Mapas de temperatura de confort de Humphreys

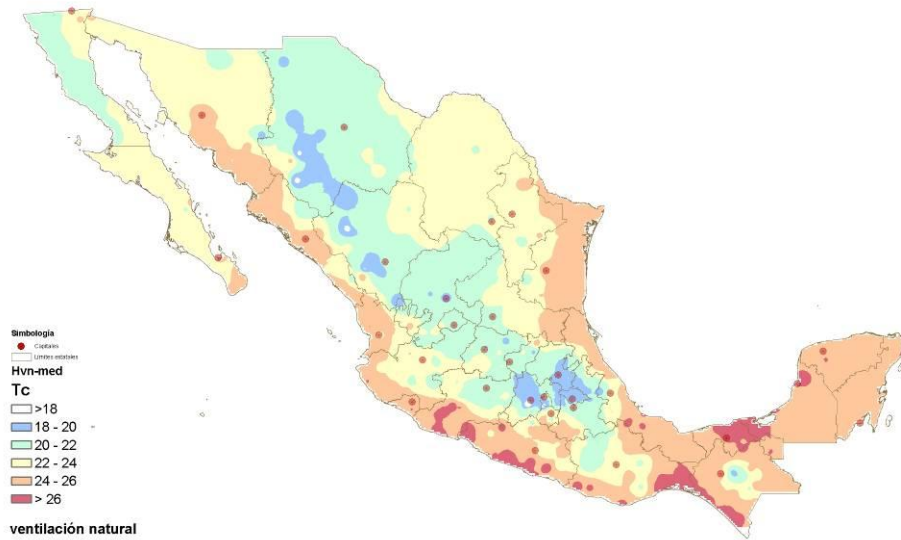
Teniendo en consideración todas estas posibilidades de adaptación, Humphreys y Nicol¹²⁶ desarrollaron varias ecuaciones relacionadas con la temperatura interior de confort considerando la temperatura media mensual. Humphreys y Nicol establece tres ecuaciones para definir la temperatura interior de confort o “temperatura neutra” con relación a la temperatura media. Estas son:

1. Edificios ventilados naturalmente:

$$T_c = 11.9 + 0.534 \bar{T}$$

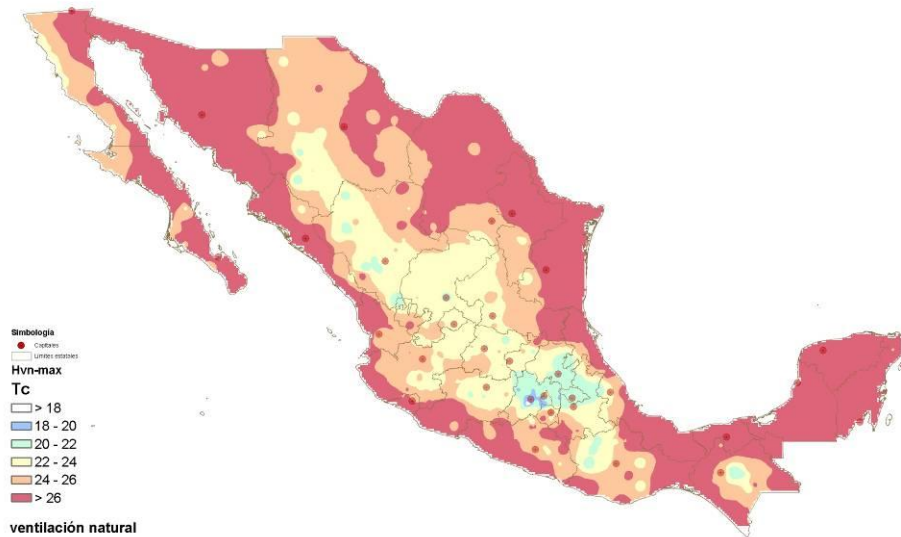
¹²⁶ Humphreys, Michael and Nicol, Ferguson. 1998. Understanding the adaptive approach to thermal comfort. ASHRAE Transactions Vol. 104. (1b) p 991-1004 San Francisco CA. USA.

TEMPERATURA NEUTRA HUMPHREYS-NICOL
Temperatura media anual



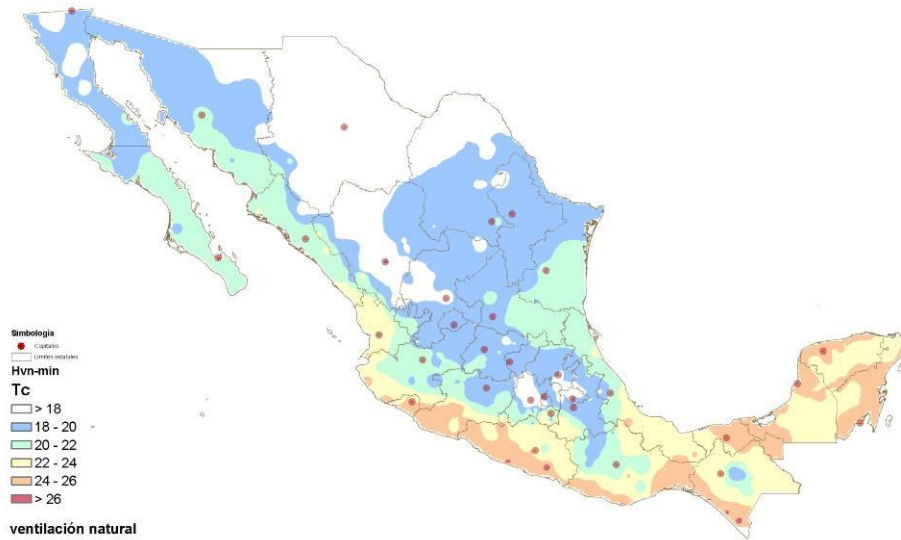
Mapa 38. Temperatura de confort de Humphreys–Nicol.
Ventilación natural. Temperatura media anual

TEMPERATURA NEUTRA HUMPHREYS-NICOL
Temperatura media - mes más caluroso



Mapa 39. Temperatura de confort de Humphreys–Nicol
Ventilación natural. Temperatura media del mes más caluroso

TEMPERATURA NEUTRA HUMPHREYS-NICOL
Temperatura media - mes más frío



Mapa 40. Temperatura de confort de Humphreys–Nicol
Ventilación natural. Temperatura media del mes más frío

La ciudad con la temperatura de confort más elevada en el mes más caluroso es San Luis Río Colorado ($T_c=30.16$); mientras que el valor de temperatura de confort más bajo en el mes más frío corresponde a la estación del Nevado de Toluca, Edo. de México ($T_c=13.13$).

2. Para edificios con aire acondicionado (calentamiento o enfriamiento artificial) la ecuación es:

Edificios calentados o enfriados artificialmente:

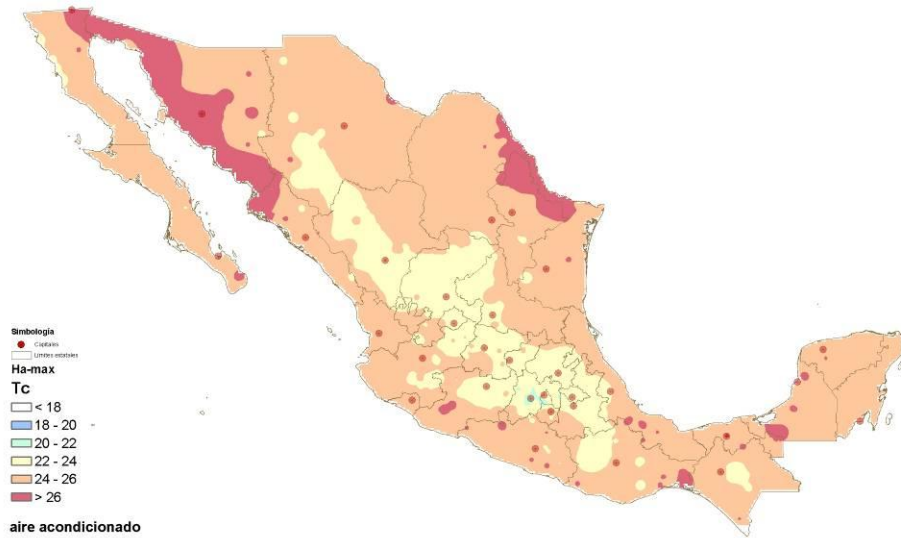
$$T_c = 23.9 + 0.295(\bar{T} - 22) e^{\left(-\left[\frac{(\bar{T}-22)}{(24\sqrt{2})}\right]^2\right)}$$

TEMPERATURA NEUTRA HUMPHREYS-NICOL
Temperatura media anual



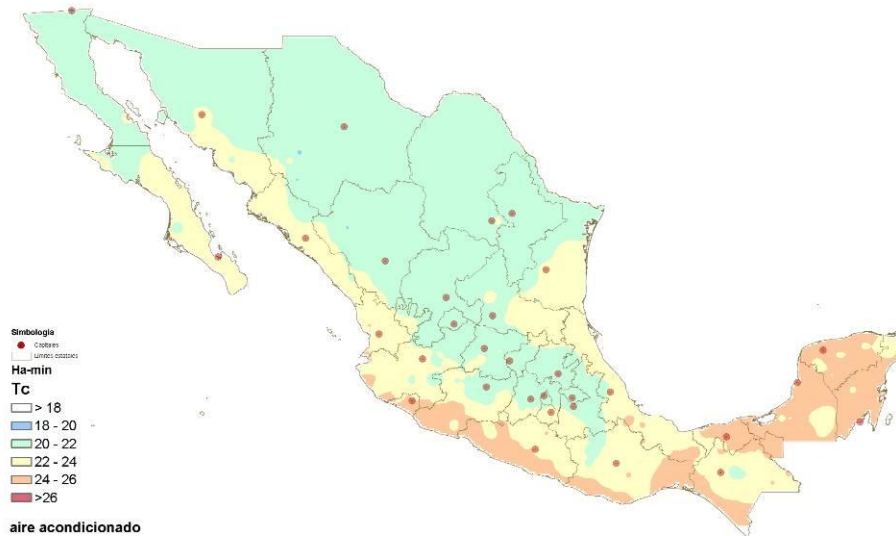
Mapa 41. Temperatura de confort de Humphreys–Nicol
Aire acondicionado. Temperatura media anual

TEMPERATURA NEUTRA HUMPHREYS-NICOL
Temperatura media - mes más caluroso



Mapa 42. Temperatura de confort de Humphreys–Nicol
Aire acondicionado. Temperatura media de mes más caluroso

TEMPERATURA NEUTRA HUMPHREYS-NICOL
Temperatura media - mes más frío



Mapa 43. Temperatura de confort de Humphreys–Nicol
Aire acondicionado. Temperatura media de mes más frío

Considerando edificios con acondicionamiento artificial, la ciudad con el valor más alto de Temperatura de confort en el mes más caluroso es San Luis Río Colorado ($T_c=27.06$); mientras que el valor más bajo en el mes más frío corresponde al Nevado de Toluca ($T_c= 20.01$).

3. La ecuación que proponen Humphreys y Nicol considerando edificios combinados, es decir, tanto ventilados naturalmente como con sistemas de acondicionamiento artificial es:

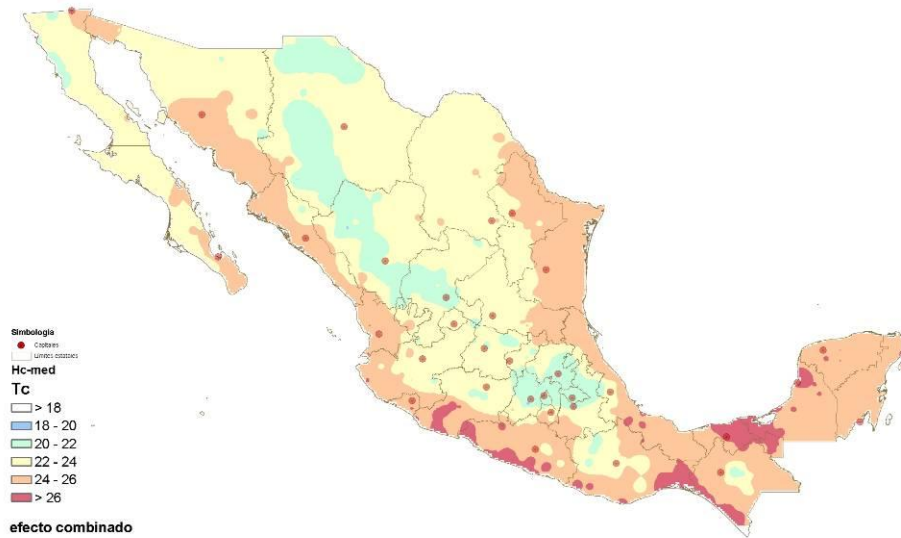
$$T_c = 24.2 + 0.430(\bar{T} - 22) e^{\left(-\left[\frac{\bar{T}-22}{(20\sqrt{2})}\right]^2\right)}$$

donde:

T_c = Temperatura de Confort (°C)

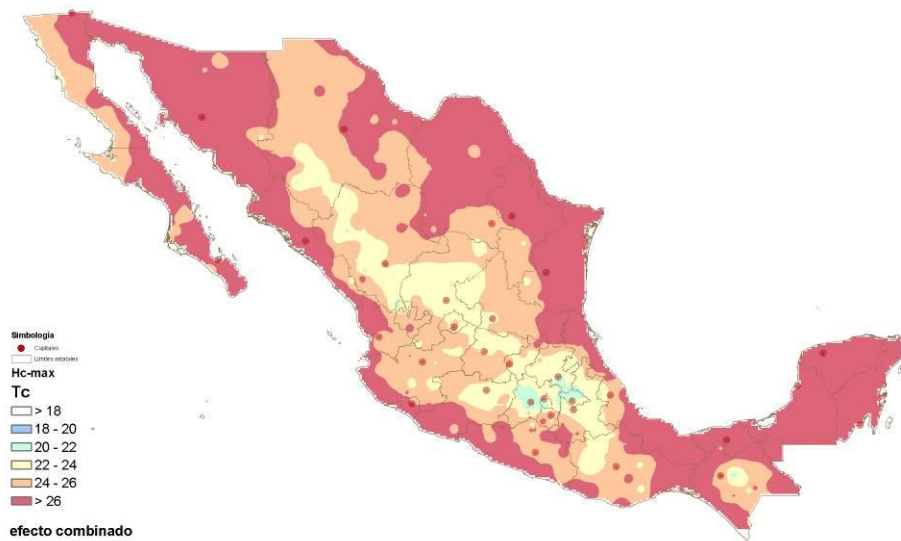
T = Temperatura media exterior (°C)

TEMPERATURA NEUTRA HUMPHREYS-NICOL
 Temperatura media anual



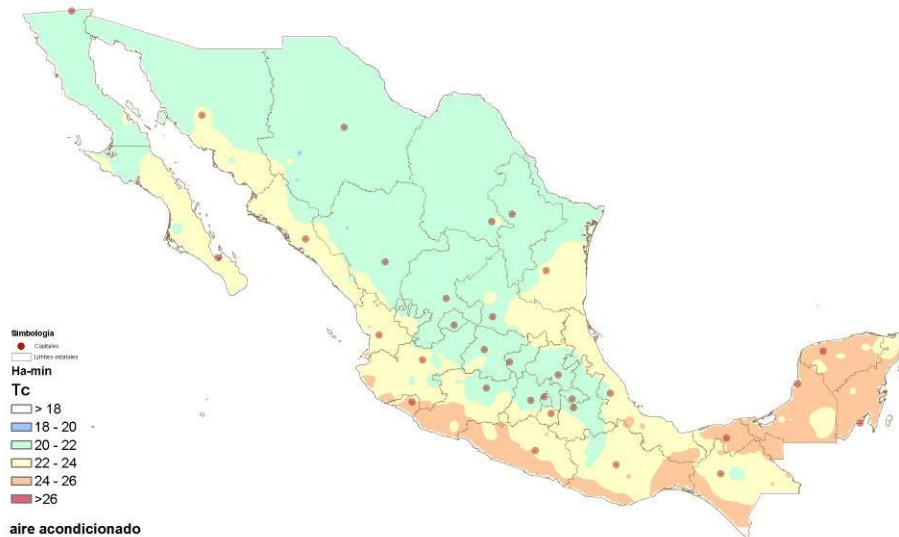
Mapa 44. Temperatura de confort de Humphreys–Nicol
 Efecto combinado. Temperatura media anual

TEMPERATURA NEUTRA HUMPHREYS-NICOL
 Temperatura media - mes más caluroso



Mapa 45. Temperatura de confort de Humphreys–Nicol
 Efecto combinado. Temperatura media del mes más caluroso

TEMPERATURA NEUTRA HUMPHREYS-NICOL
Temperatura media - mes más frío



Mapa 46. Temperatura de confort de Humphreys–Nicol
Efecto combinado. Temperatura media del mes más frío

Mapa de Temperatura neutra de Auliciems

En 1981 Andris Auliciems¹²⁷ uso una base de datos muy grande que incluía tanto edificios ventilados naturalmente como aquellos con acondicionamiento artificial y propuso la siguiente ecuación (válida para T_n entre 18 y 28 °C)

$$T_n = 17.6 + 0.31 \bar{T}$$

donde:

T_n = Temperatura neutra (°C)

T = Temperatura media exterior (°C)

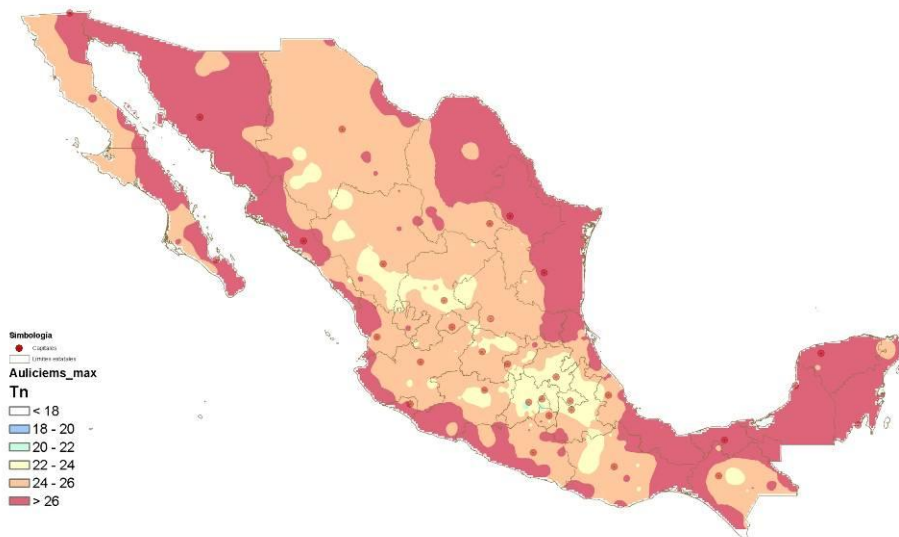
¹²⁷ Auliciems, A. Szokolay, S. 1997. *Thermal Comfort*. PLEA notes No.3 University of Queensland Department of Architecture. pp 36-38. Brisbane, Australia
Cf. Auliciems, A. 1981. Towards a Psycho-Physiological Model of Thermal Perception. *International Journal of Biometeorology* Vol 25 No, 2 pp. 109-122

TEMPERATURA NEUTRA AULICIEMS
Temperatura media anual



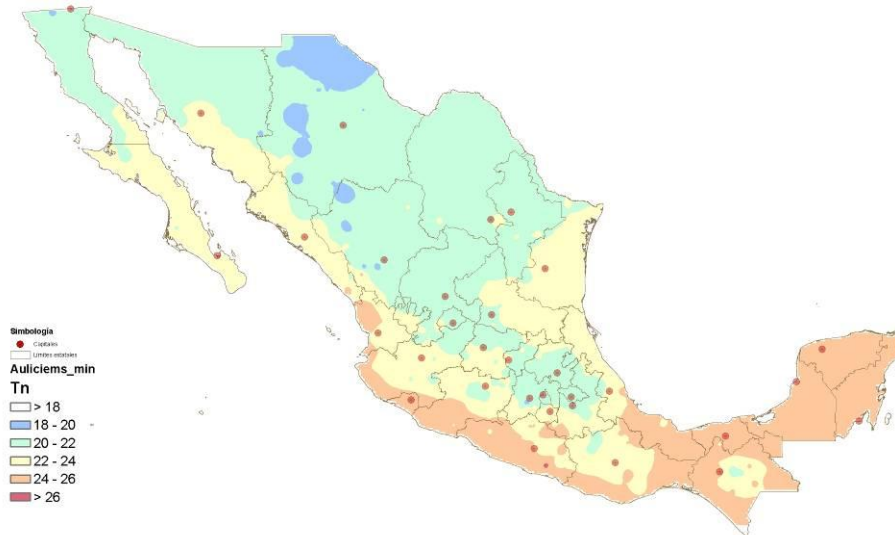
Mapa 47. Temperatura neutra de Auliciums - Temperatura media anual

TEMPERATURA NEUTRA AULICIEMS
Temperatura media - mes más caluroso



Mapa 48. Temperatura neutra de Auliciums - Temperatura media del mes más caluroso

TEMPERATURA NEUTRA AULICIEMS
Temperatura media - mes más frío



Mapa 49. Temperatura neutra de Auliciems - Temperatura media del mes más frío

La ciudad con el mayor valor de temperatura neutra en el mes más caluroso es San Luís Río Colorado ($T_n = 28.2$); mientras que el valor mas bajo en el mes más frío se presenta en el Nevado de Toluca ($T_n = 18.3$)

Mapa de Temperatura óptima interior de De Dear

De Dear, Brager y Cooper¹²⁸ desarrollaron una fórmula para determina la temperatura interior óptima utilizando el valor de la nueva temperatura efectiva a partir de los valores climáticos exteriores. Los rangos de temperatura aceptable (zona de confort) alrededor del valor óptimo para edificios ventilados naturalmente se especifican como de ± 3.5 °C para 80% de aceptación, y de ± 2.5 °C para una aceptación del 90%.

$$T_{oc} = 18.9 + 0.255 ET^*$$

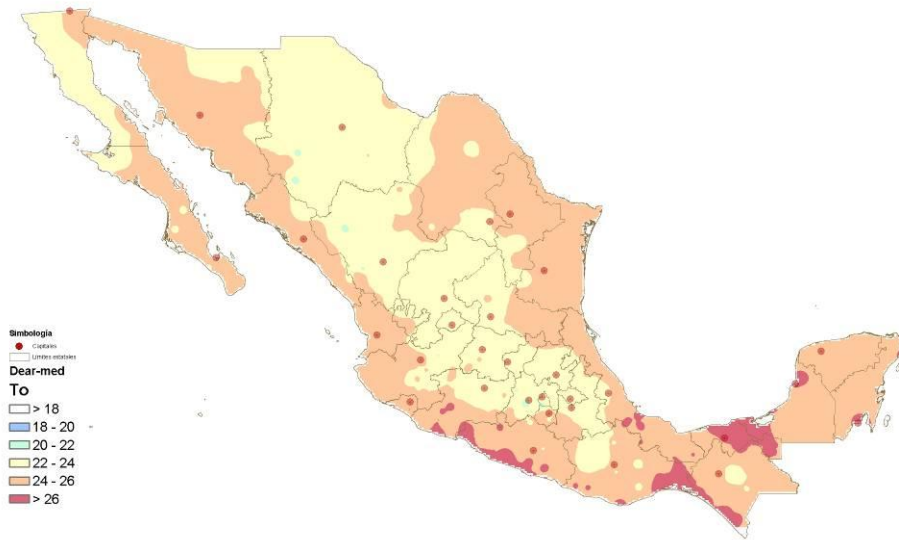
donde:

T_{oc} = Temperatura óptima de confort (°C)

ET^* = Nueva temperatura efectiva (°C)

¹²⁸ De Dear, Richard. Brager, Gail & Cooper, Donna. 1997. Developing an adaptive model of thermal comfort and preference. Final Report ASHRAE RP-884, ASHRAE & Macquarie Research Ltd. March.

TEMPERATURA OPERATIVA DE DE DEAR
Temperatura media anual



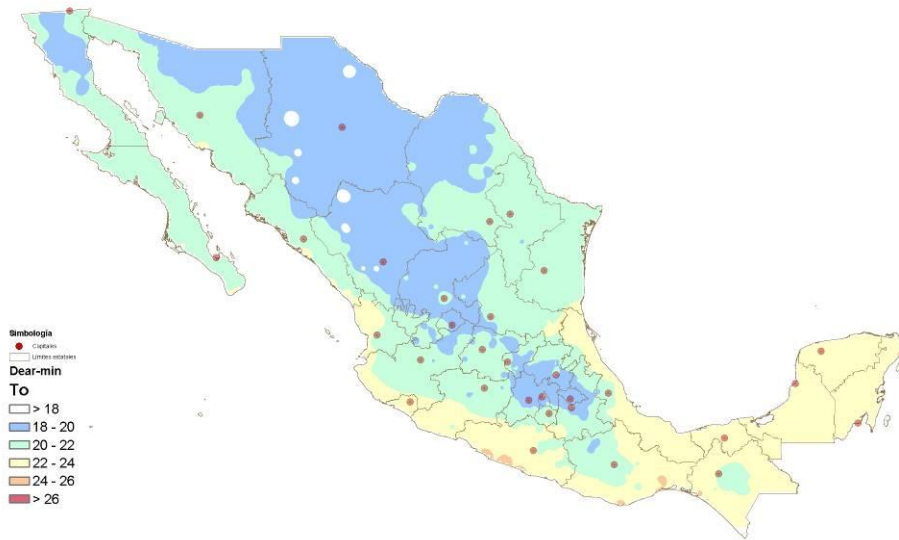
Mapa 50. Temperatura operativa de De Dear - Temperatura media anual

TEMPERATURA OPERATIVA DE DE DEAR
Temperatura media - mes más caluroso



Mapa 51. Temperatura operativa de De Dear - Temperatura media del mes más caluroso

TEMPERATURA OPERATIVA DE DE DEAR
Temperatura media - mes más frío



Mapa 52. Temperatura operativa de De Dear - Temperatura media del mes más frío

El valor más alto de la temperatura operativa de De Dear para el mes más caluroso se presenta en San Luis Río Colorado ($T_o=29.17$) mientras que el valor más bajo para el mes más frío se presenta en el Nevado de Toluca ($T_o= 21.46$)

Mapa de temperatura neutra de Fernández-González

Fernández-González, investigador mexicano, encontró que los índices adaptativos anteriores, si bien son adecuados, no hacen ninguna diferenciación en cuanto al género de edificios, argumentando que “existen diferencias en el número y tipo de mecanismos conductuales de adaptación disponibles para los ocupantes de edificios residenciales, de oficinas o industriales”¹²⁹.

De tal manera que utilizando la base de datos del proyecto de investigación ASHRAE 884, separó exclusivamente los edificios de oficinas ventilados naturalmente y determinó la temperatura de neutralidad para éste género particular de obras. La expresión que encontró a través de este modelo empírico es:

Fernández-González¹³⁰ ofrece una ecuación para la temperatura neutra para edificio de oficinas ventilados naturalmente:

¹²⁹ Alfredo Fernández González. 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 del proyecto de investigación ASHRAE RP-884. Memorias de la 26 Semana Nacional de Energía Solar, ANES. Chetumal, Q.Roo, México

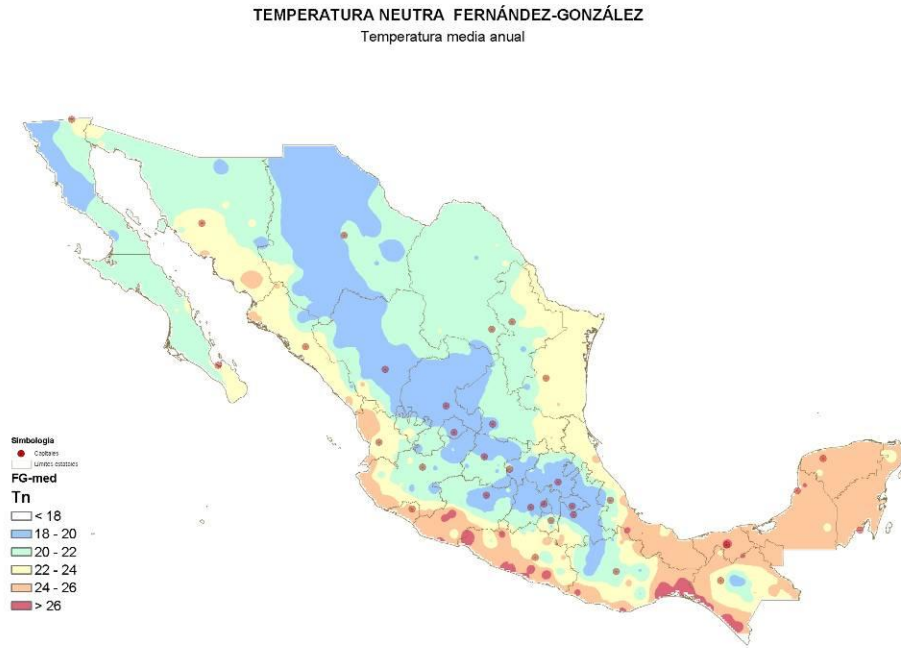
¹³⁰ Alfredo Fernández González. 1999. *A New Thermal Comfort Index for Naturally Ventilated Office Buildings*. Eugene: Thesis for Master degree, Oregon University. USA.

$$T_n = 22.575 - (0.7072 \bar{T}) + (0.0309 \bar{T}^2)$$

donde:

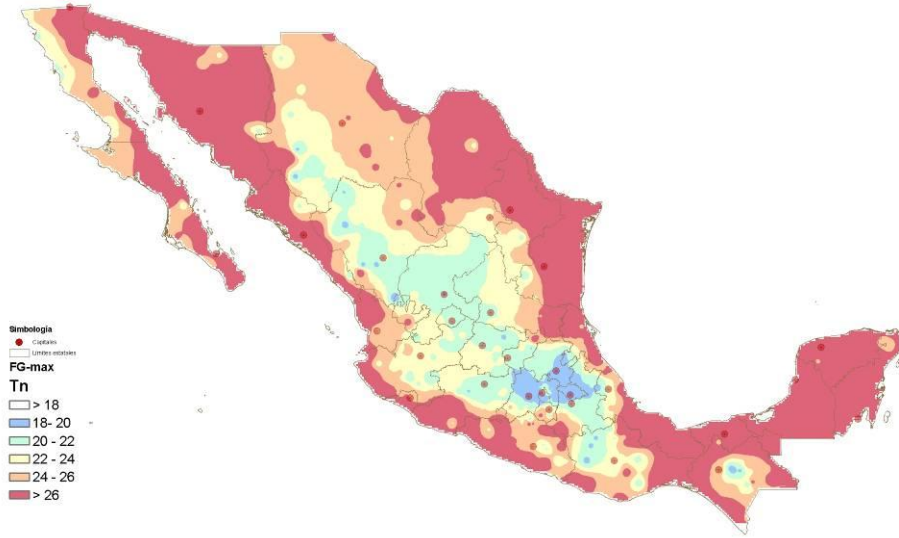
T_n = Temperatura neutra (°C)

T = Temperatura media exterior (°C)



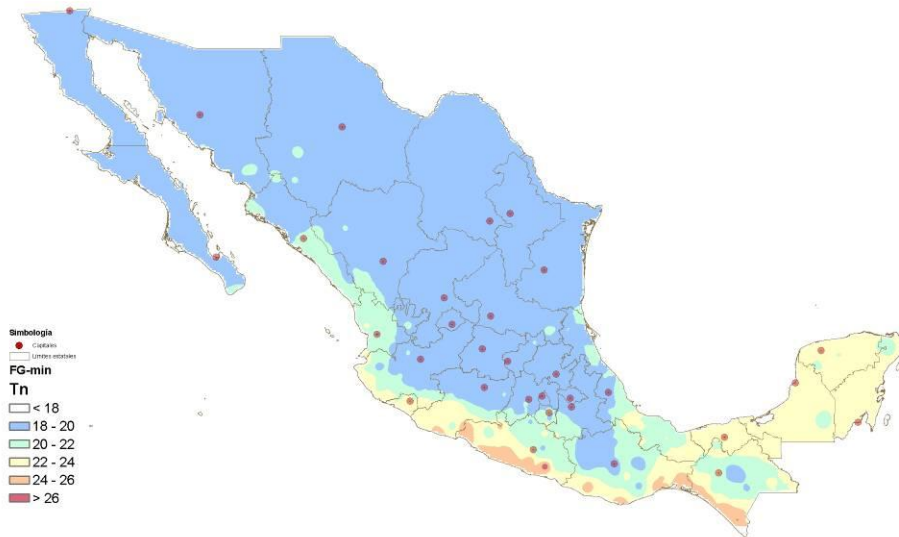
Mapa 53. Temperatura neutra de Fernández González - Temperatura media anual

TEMPERATURA NEUTRA FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ
 Temperatura media - mes más caluroso



Mapa 54. Temperatura neutra de Fernández González - Temperatura media del mes más caluroso

TEMPERATURA NEUTRA FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ
 Temperatura media - mes más frío



Mapa 55. Temperatura neutra de Fernández González - Temperatura media del mes más frío

ESTRATEGIAS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO

4. ESTRATEGIAS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO

El término “estrategias” se refiere a la definición de las acciones óptimas para la consecución de un fin, basadas en ciertas reglas, principios o directrices que ayuden a tomar decisiones correctas.

En el caso del Diseño Bioclimático los fines buscados son tres: La consecución de condiciones de bienestar y confort; el uso eficiente de la energía y la integración ambiental.

Por su parte, la definición de las estrategias de diseño bioclimático debe estar soportada por el análisis climatológico, ambiental, por los requerimientos de confort y los requerimientos energéticos.

Como lo menciona Watson (1983), “a través del diseño climático, los edificios son más confortables. En lugar de imponer “por la fuerza bruta” tareas basadas en sistemas de calentamiento o enfriamiento mecánicos, el edificio debe, por sí mismo, hacer el trabajo silenciosamente, sin ventiladores u otros mecanismos y... porque debemos construir edificaciones no sólo que consideren el rigor del clima sino que dignifique nuestras vidas y le de a los espacios donde vivimos una expresión de salud y belleza...”

Las opciones de control térmico consisten básicamente en:

- Admitir / Excluir la ganancia de calor de fuentes externas de energía
- Conservar / Rechazar la energía presente en el interior

Los flujos o conservación de la energía forzosamente se dan a través de los mecanismos de transferencia de calor, considerando, además, que debe haber una fuente y un receptor de dicha energía.

Haciendo un cruce de las opciones de control con los mecanismos de transferencia de calor Watson propone las siguientes estrategias:

En la época fría o de “bajo-calentamiento”:

- Promover la ganancia solar
- Minimizar la conducción
- Minimizar la infiltración y fugas de aire

En la época calurosa o de “sobre-calentamiento”:

- Minimizar la conducción
- Minimizar la infiltración
- Minimizar la ganancia solar
- Promover el enfriamiento conductivo terrestre
- Promover la ventilación
- Promover el enfriamiento radiante
- Promover el enfriamiento evaporativo

ESTRATEGIAS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO

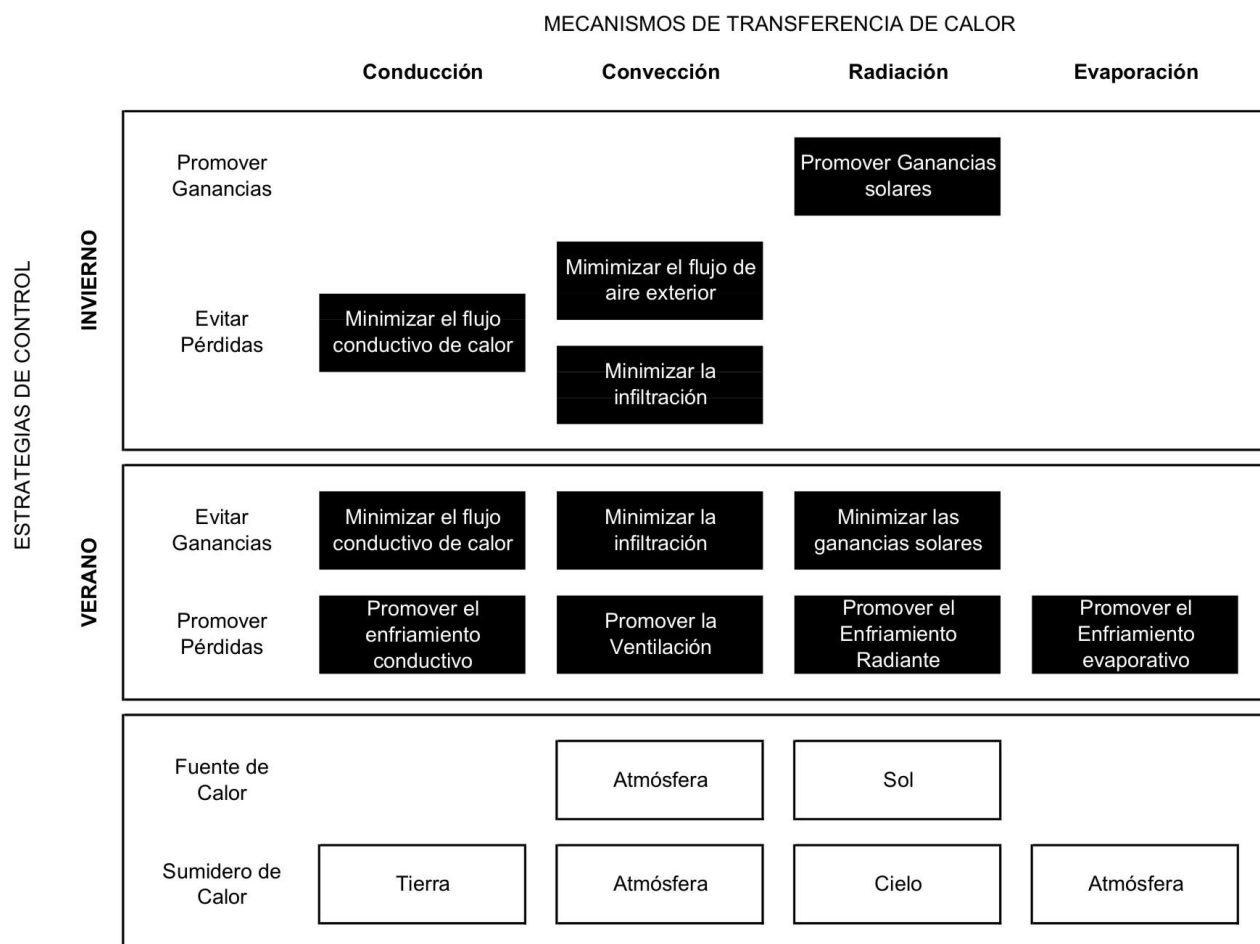
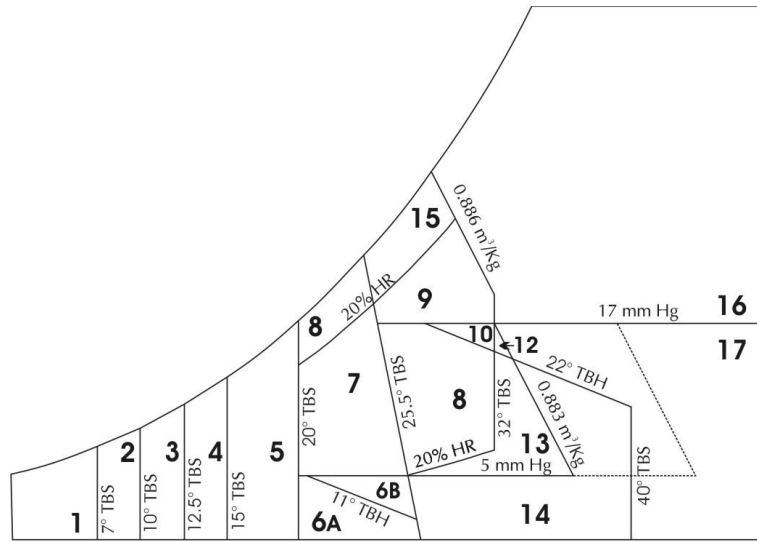


Fig. 24 Estrategias de Diseño Bioclimático ¹³¹

La relación de estas estrategias y las condiciones climáticas existentes se establece a través de la carta psicrométrica ¹³².

¹³¹ Watson, D. & Labs, K. 1983. Climatic Design. Energy-Efficient Building Principles and Practice. McGraw Hill Book Company, New York. USA.

¹³² Las zonas de estrategias fueron inicialmente definidas por Baruch Givoni, y posteriormente han sido adaptadas, ajustadas o modificadas por varios autores, uno de ellos y una de las adaptaciones más recientes es la propuesta por S. V. Szokolay.
Cf. Givoni, B. Man Climate and Architecture. Applied Science Publishers LTD. Essex, England, 1969.
Cf. Milne, M. and Givoni, B. 1979. Architectural Design Based on Climate. En Energy conservation through building design. D. Watson, Editor. Architectural Record Books / McGraw-Hill Book Co. New York,
Cf. Docherty, M. Szokolay, S. 1999. Climate Analysis. PLEA notes. No.5. University of Queensland Printery, Australia,



Carta Bioclimática

Fig. 25 Diagrama psicrométrico con estrategias de diseño según Watson - Labs

A partir de esta carta se definen los requerimientos y estrategias de diseño de acuerdo a las siguientes tablas¹³³:

Tabla 9. Requerimientos Bioclimáticos

Calentamiento	1-5
Enfriamiento	9-17
Confort	7
Deshumidificación	8-9 15-16
Humidificación	6A, 6B, (14)

Tabla 10. Estrategias Bioclimáticas

Restringir el flujo conductivo	1-5; 9-11; 15-17
Restringir la infiltración	1-5; 16-17
Promover la Ganancia Solar	1-5
Restringir la Ganancia Solar	6-17
Promover la Ventilación	9-11
Promover el Enfriamiento Evaporativo	11, 13-14 (6B)
Promover el Enfriamiento Radiante	10-13
Enfriamiento Mecánico	17
Enfriamiento Mecánico y Deshumidificación	15-16

¹³³ Labs, Kenneth & Watson, Donald. 1981. Regional Suitability of Earth Tempering. in Earth Shelter Performance and Evaluation. L.L. Boyer. Proceedings of the 2nd. National Technical Conference on Earth Sheltered Building Tulsa, Oklahoma, Oct. 1981 Oklahoma State University.

4.1 LA ZONA DE CONFORT

Existen muchas definiciones de los límites de una zona de confort. Cada una dependiendo de los datos experimentales o modelos matemáticos derivados por cada uno de los autores o investigadores. Incluso en los mismos autores se presentan diferencias en los rangos que limitan la zona de confort. Por ejemplo, Givoni¹³⁴ (1976) menciona en su famoso libro *Man, Climate and Architecture*. p.310 que el límite inferior de la zona de confort es de 70°F (21°C) y el superior de 26 °C (78.8 °F). Sin embargo en el capítulo que escribe con Milne¹³⁵ (1979) ya hace algunos ajustes en donde menciona que los límites son 68 °F (20 °C) y 78 °F (25.5 °C) respectivamente para el límite inferior y superior. Sin embargo en los diagramas del mismo artículo el límite superior se muestra en 80°F. (26.6 °C) En este documento hace una diferenciación entre una zona de verano y una de invierno, en donde los límites se definen como:

Tabla 11. Rangos de confort según Givoni

Invierno	Temperatura		HR
	Verano		
68 - 73	75.5 - 80	°F	20 – 80%
20 – 22.7	24.2 – 26.6	°C	

Del mismo modo es conocido que en las publicaciones del ASHRAE se presentan diferencias entre cada una de sus publicaciones con respecto a la definición de los límites de la zona de confort.

Por motivos prácticos se utiliza en este documento los criterios definidos por Steven Szokolay¹³⁶ para la definición de la zona de confort en la carta bioclimática, es decir aquella definida por el modelo adaptativo de confort térmico propuesta por Auliciems¹³⁷ (1981) en donde la temperatura neutra es:

$$T_n = 17.6 + (0.31 \cdot \bar{T}_m)$$

donde:

T_n = Temperatura neutra (°C)

T_m = Temperatura media mensual (°C)

Tomando en cuenta que 18 < T_n < 28

El rango de confort es igual a T_n ± 2 °C (90% de aceptación)

La implementación de esta zona de confort en la carta psicrométrica se hace con base en la nueva temperatura efectiva (*ET), la cual coincide con la temperatura de bulbo seco al 50 % de humedad. El método que propone Szokolay es el siguiente:

1. Encontrar la temperatura neutra del mes más frío. (T_n)
2. ubicar esta temperatura en la carta psicrométrica al 50 % de humedad

¹³⁴ Givoni, B. 1976. *Man Climate and Architecture*. Applied Science Publishers. London. UK. 2nd Ed,

¹³⁵ Milne, M. and Givoni, B. 1979. *Architectural Design Based on Climate*. Energy Conservation Through Building Design. D. Watson. Architectural Record Book. McGraw Hill New York

¹³⁶ Docherty, M. and Szokolay, S. V. 1999. *Climate Analysis PLEA notes NO. 5*. University of Queensland. Australia,

¹³⁷ Auliciems, A. 1981. Towards a psycho-physiological model of thermal perception, *International Journal of Biometeorology*. 26 69-86

3. marcar los límites de confort térmico es decir 2K abajo y 2K arriba de T_n sobre la misma curva de 50 % HR.
4. dibujar las correspondientes líneas de *ET para estos límites de la zona de confort.
 - a. La pendiente de la línea *ET se define por el desplazamiento (dT) sobre la intersección en el eje horizontal correspondiente a TBS
 - b. $dT = 0.023 (T-14) HA_{T(50\%)}$
 - c. HA = humedad absoluta (g/Kg) de la temperatura correspondiente al 50% HR
 - d. la intersección de dará en: $T+dt$
5. Los límites de humedad inferior y superior de la zona de confort corresponden las líneas horizontales de Humedad Absoluta de 4 g/Kg y 12 g/Kg.
6. El procedimiento se repite para la zona de confort del mes más caluroso.

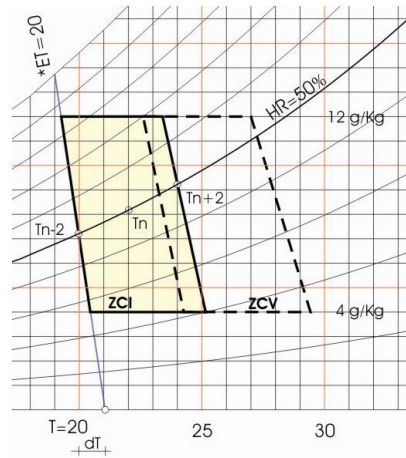


Fig. 26 Zona de Confort

4.2 PERIODO FRÍO

4.2.1 Promover Ganancias

4.2.1.1 PROMOVER LAS GANANCIAS SOLARES.

Las ganancias solares se pueden dar de manera directa, indirecta o aislada.

4.2.1.1.1 Ganancia Solar Directa

La ganancia solar directa es aquella que se da a través de los acristalamientos. Esto implica una ganancia de energía (calor) prácticamente instantánea al incidir los rayos solares sobre las personas, elementos constructivos, mobiliario o cualquier otro objeto que se halle en el interior. Sin embargo es conveniente que exista algún elemento de almacenamiento de dicho calor para que éste no se pierda rápidamente. Milne y Givoni¹³⁸ mencionan que para que la estrategia funcione adecuadamente, la radiación solar debe incidir sobre materiales de alta masa térmica que la almacene y la libere con un retardo de 12 horas o más.

¹³⁸ Milne & Givoni Op. Cit.

Se requiere de calentamiento cuando la temperatura esta por debajo del límite inferior de confort. Satisfacer dicho requerimiento a través de la energía solar directa tiene varias condiciones. En primera instancia de la disponibilidad del recurso solar. Es decir no sólo de la energía solar disponible en función de la latitud del lugar, sino también de las condiciones climáticas como la nubosidad, claridad del cielo, partículas suspendidas, contaminantes, etc. y de posibles obstrucciones naturales o artificiales que bloqueen el paso de la radiación. En segundo lugar de la “eficiencia” de la construcción que la va a captar. Este grado de eficiencia está determinado por el propio diseño, orientación, proporciones de vanos y macizos, así como los materiales constructivos.

Asumiendo condiciones de cielo claro, la insolación diaria de un acristalamiento orientado hacia el sur es alrededor de 1700 BTU/sq ft (5,363 W/m²) en la latitud 32°; de 1,500 BTU/sq ft (4,732 W/m²) en la latitud 40° y de 1,300 BTU/sq ft (4,101 W/m²) en la latitud 48°. Bajo estas condiciones, una casa de 1,000 sq ft (93 m²) con una superficie de acristalamiento de 200 sq ft (18.6 m²) puede satisfacer sus requerimiento de calefacción para temperaturas de 43°F, 46°F y 49°F (6.11 °C, 7.7 °C y 9.4 °C) considerando que todo el sistema tiene una eficiencia del 33% ($\eta = 0.33$), (Captación, almacenamiento y distribución del calentamiento solar pasivo).

Bajo estos conceptos establecidos por Milne y Givoni, se presenta una relación lineal entre insolación y temperatura, por lo que Watson y Labs definen los siguientes valores:

Tabla 12. Relación Insolación Temperatura

Temperatura Mínima °C	Radiación sobre superficie vertical orientada al sur W/m ²
6.11	5,363
7.7	4,732
9.4	4,101
11.1	3,470
12.7	2,839

La fórmula de regresión lineal es:

$$T_m = \frac{H_v - 7676.1933}{-378.552}$$

donde:

T_m = Temperatura mínima (límite de Calentamiento Solar Pasivo) (°C)

H_v = Radiación solar sobre una superficie vertical orientada al Sur (W/m²)

Para estimar los límites de la estrategia de calentamiento, Szokolay utiliza también una casa hipotética de 100 m² con 20% de acristalamiento al sur, pero sigue utilizando una eficiencia entre 50 y 60 % para el calentamiento pasivo y del 70 al 80% para el calentamiento activo. En el caso hipotético se asume una casa bien diseñada con una conductancia de la envolvente constructiva de 100 W/k con 40 W/K de infiltración o ventilación. es decir una conductancia total de 140 W/K.

$$q = 140 \text{ W/K}$$

donde:

$$q = q_c + q_v$$

q_c = conductancia de la envolvente = $\Sigma(A \cdot U)$ de todos los elementos constructivos de la envolvente

q_v = conductancia de ventilación = $0.33 \cdot N \cdot V$

N = Número de cambios de aire por hora

V = Volumen del edificio en (m^3)

Al igual que en el caso de Givoni, la estrategia de calentamiento inicia con el límite inferior de la zona de confort, pero en este caso la zona de confort depende de la temperatura neutra (T_n), por lo que los cálculos se definen en función de $T_n - 2$, es decir T_L = temperatura inferior de confort. De tal forma que:

Datos:

Área de la construcción 100 m^2

Área de acristalamiento hacia el sur $A_w = 20 \text{ m}^2$

Eficiencia total del sistema $\eta = 0.6$

Conductancia de la envolvente del edificio = 140 W/K

$$\begin{aligned} \text{Ganancia diaria útil} &= \text{Pérdidas diarias de calor} \\ H_v \cdot A_w \cdot \eta &= q \cdot (T_L - T_o) \cdot 24 \\ H_v \cdot 20 \text{ m}^2 \cdot 0.6 &= 140 \cdot (T_L - T_o) \cdot 24 \end{aligned}$$

donde:

H_v = Radiación Solar Total sobre una superficie vertical orientada al sur (W/m^2)

A_w = Área de acristalamiento orientado al sur (m^2)

η = Eficiencia total del sistema

q = Conductancia de la envolvente (W/K)

T_L = Temperatura inferior de confort ($^\circ\text{C}$)

T_o = Temperatura exterior más baja en la que las pérdidas de calor pueden ser compensadas por la ganancia solar ($^\circ\text{C}$)

De tal forma, despejando T_o :

$$T_o = T_L - \left(\frac{H_v \cdot A_w \cdot \eta}{24 q} \right)$$

Aplicando los términos conocidos del caso hipotético:

$$T_o = T_L - \left(\frac{H_v \cdot 20 \cdot 0.6}{24 \cdot 140} \right)$$

Por lo tanto:

$$T_o = T_L - 0.0036 \cdot H_v$$

Comparando los métodos de Givoni y de Szokolay para determinar el límite de la estrategia de calentamiento, suponemos en ambos casos una casa hipotética de 100 m² con 20 m² de acristalamiento y un límite inferior de confort de 20° C con una radiación vertical sobre una superficie al sur de 3,000 W/m²:

Givoni:

$$T_m = \frac{3,000 - 7676.1933}{-378.552}$$

$$T_m = 12.35 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Szokolay:

$$T_o = 20 - 0.0036 \cdot 3,000$$

$$T_o = 9.2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

La diferencia entre los dos métodos esta, en parte, en la eficiencia total del sistema considerada. En el caso de Givoni se considera una casa típica americana con una eficiencia baja del 33 %. Mientras que en el caso de Szokolay se considera una casa bien diseñada con una eficiencia del 60%.

Para evaluar el comportamiento de la estrategia del Calentamiento Solar Directo en la República Mexicana, se elaboraron dos mapas, el primero corresponde a caso en que la temperatura mínima está por debajo de la zona de confort de acuerdo a la fórmula de Auliciems. La segunda al caso en que la temperatura media se encuentra por debajo de la zona de confort.

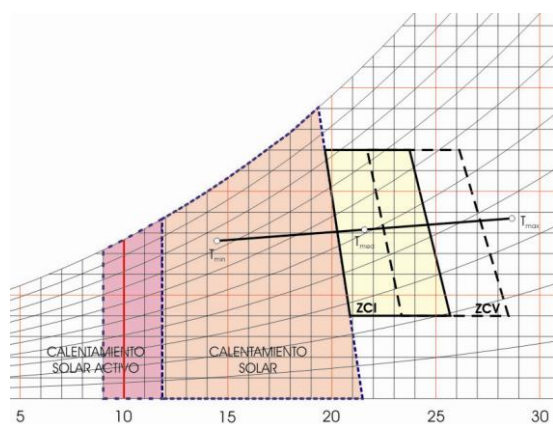


Fig. 27. $T_{\min} < ZC$

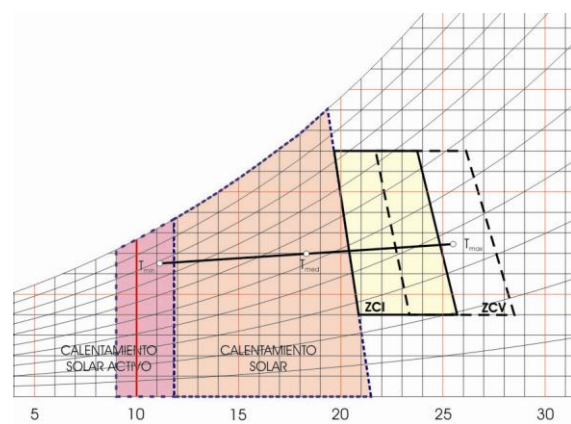


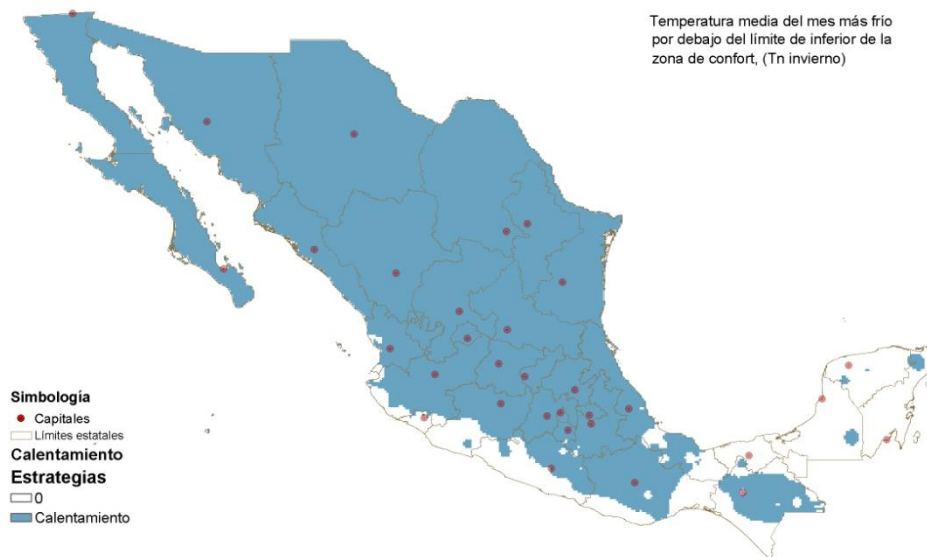
Fig. 28. $T_{\text{med}} < ZC$

ESTRATEGIAS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO
CALENTAMIENTO



Mapa 56. Estrategia de Calentamiento

ESTRATEGIAS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO
CALENTAMIENTO



Mapa 57. Estrategia de Calentamiento-2

Como se puede apreciar, en el mes más frío la temperatura mínima siempre se encuentra por debajo de la zona de confort en todo el país. Mientras que la temperatura media se encuentra en confort en la costa del pacífico sur, el Istmo de Tehuantepec y la península de Yucatán.

MAPAS DE GRADOS-DÍA (calentamiento)

Otro parámetro importante a considerar para la definición de la estrategia de calentamiento es el parámetro de Grados-Día. Los Grados-día se definen como el requerimiento en grados centígrados acumulados en un mes, necesarios para alcanzar la zona de confort, o dicho en otras palabras es el déficit de temperatura acumulada en un cierto periodo de tiempo.

Para el cálculo de los Grados-día generalmente se toma como temperatura base (de confort) 18 °C ésta temperatura es genérica y aplicable sobre todo en casos en donde el objetivo es comparar este índice entre varias ciudades, porque de esta forma la comparación se hace bajo los mismos criterios, aunque para análisis particulares se puede usar como temperatura base de referencia el límite inferior de la zona de confort de acuerdo a la fórmula propuesta por Auliciems.

La fórmula para el cálculo de los Grados-día es:

$$GD_{cal} = n(T - T_{base})$$

donde:

GD_{cal} = Grados-Día de calentamiento (°C d)

n = número de días que tiene el mes de análisis

T = Temperatura media anual (°C)

T_{base} = Temperatura base (mínima de confort) (°C)

Sin embargo, como ya se ha dicho anteriormente, el uso de la temperatura media es poco significativo, ya que no se considera la oscilación o amplitud térmica. En el Reino Unido utilizan las siguientes fórmulas para determinar los Grados-Día, en donde toman en cuenta la temperatura mínima y máxima, lo cual da un resultado de requerimientos de calentamiento más reales.

Tabla 13. Fórmulas de Grados-Día de calentamiento

	Condición	Fórmula utilizada
1	$T_{max} < T_{base}$	$GD_{cal} = T_{base} - \left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right)$
2	$T_{max} \geq T_{base}$	$GD_{cal} = \left(\frac{T_{base} - T_{min}}{2} \right) - \left(\frac{T_{max} - T_{base}}{4} \right)$
3	$(T_{max} + T_{min})/2 > T_{base}$	$GD_{cal} = \left(\frac{T_{base} - T_{min}}{4} \right)$
4	$T_{min} > T_{base}$	$GD_{cal} = 0$

donde:

GD_{cal} = Grados-Día de calentamiento (déficit diario de temperatura) (°C)

T_{min} = Temperatura mínima (°C)

T_{max} = Temperatura máxima (°C)

T_{base} = Temperatura base (mínima de confort) (18 °C)

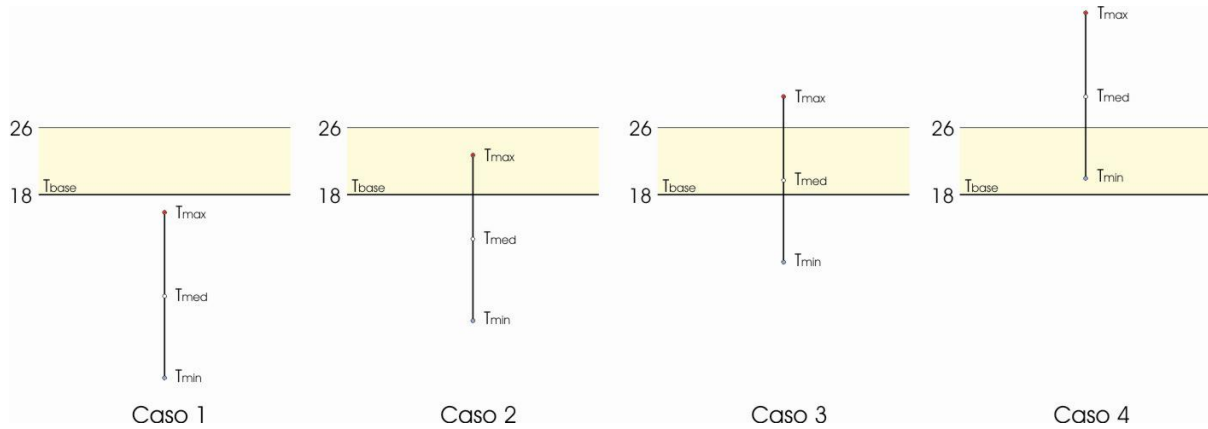
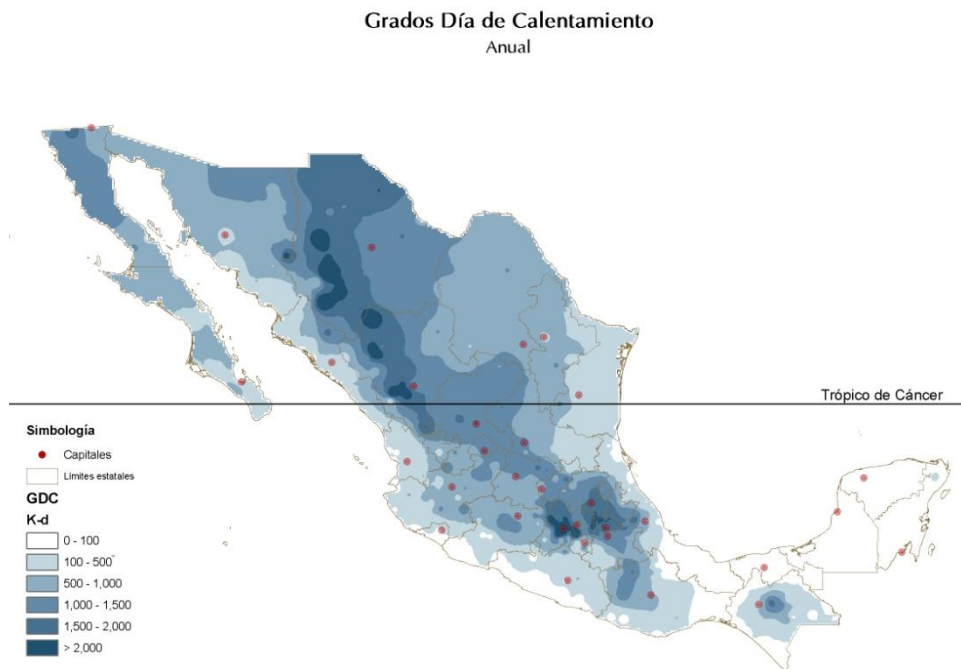


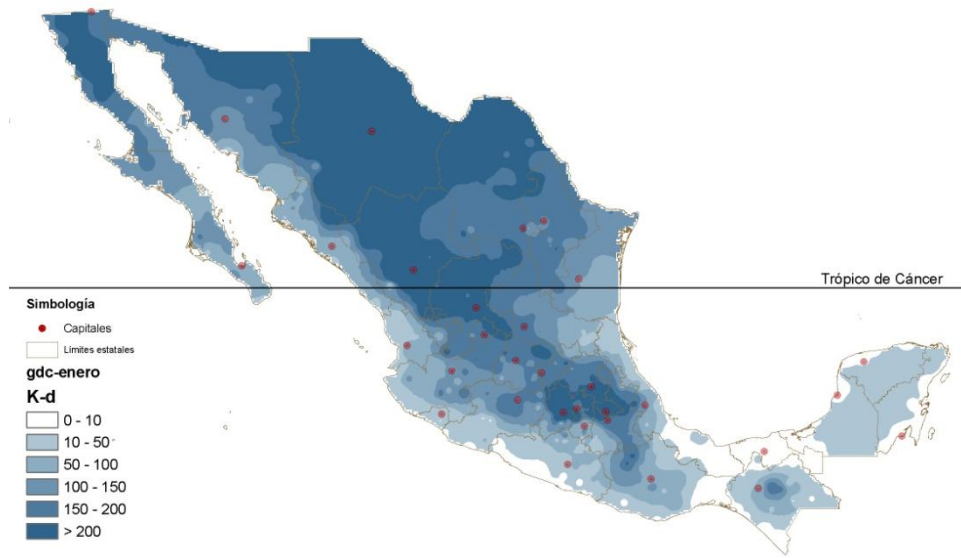
Fig. 29. Casos para la determinación de los Grado-Día

De acuerdo con estas fórmulas se elaboraron los mapas de Grados –Día de calentamiento para la República Mexicana. Considerando la temperaturas medias anuales y para los meses de enero y junio.



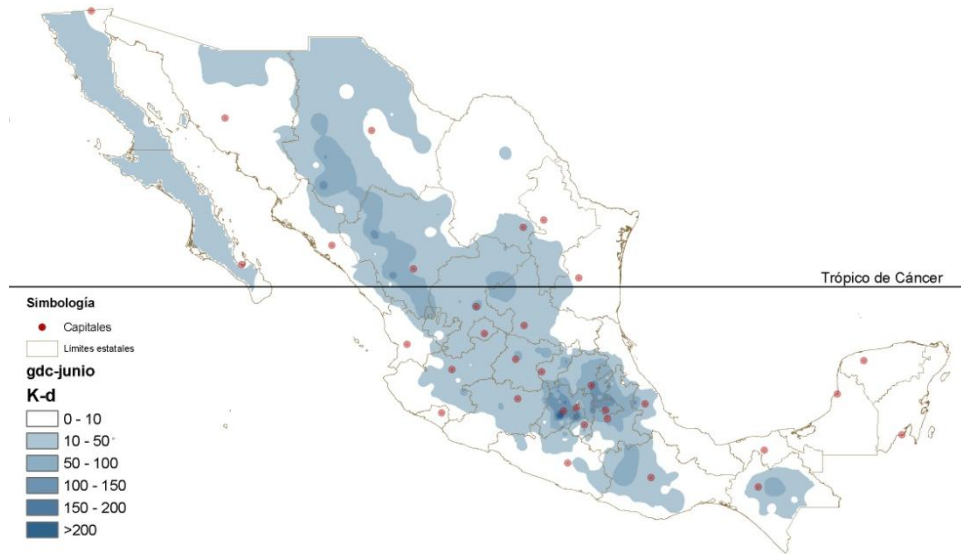
Mapa 58. Grados-Día de calentamiento – temperatura anual

Grados Día de Calentamiento
Enero



Mapa 59 Grados-Día de calentamiento – enero

Grados Día de Calentamiento
Junio



Mapa 60 Grados-Día de calentamiento – junio

4.2.1.1.2. Ganancia Solar Indirecta

Si bien la ganancia directa se refiere al acceso de la radiación a través de los acristalamientos, la ganancia solar indirecta se refiere a aquella radiación solar que incide sobre superficies opacas de la construcción y que posteriormente es conducida a través del material al interior del espacio. En este caso, la ganancia o aporte térmico no es instantáneo, sino que se da a través del tiempo dependiendo de las características de inercia térmica de los materiales constructivos. Es evidente que para que este sistema funcione se debe contar con materiales masivos que puedan acumular la energía solar incidente y la puedan conducir de manera diferida. Al igual que en la ganancia directa se requiere de un elemento receptor, uno de almacenamiento y uno de distribución de la energía. Cuando hablamos de un muro simple, éste cumple con las tres funciones, es decir que la captación se da en la cara exterior, el almacenamiento en el interior del material y la distribución a través de la superficie interior.

Como es sabido, el efecto de masa se manifiesta de dos maneras, en el retardo térmico y en la amortiguación. Los flujos de calor que se presentan en una estructura varían constantemente, pues según la segunda ley de la termodinámica, las temperaturas interiores y exteriores tienden a equilibrarse. El flujo de calor ocurrirá mientras exista una diferencia de temperatura.

Sin embargo, dicho paso de energía no es instantáneo, o sea, si se aplica calor a un muro, la conducción de este calor de un lado al otro se conseguirá en cierto tiempo, lo cual dependerá de las características termo-físicas del material.

Además, se debe considerar que en la realidad, la aplicación de calor no es constante, sino que existen variaciones en la intensidad de la radiación solar a lo largo del día y, evidentemente, también diferencias de temperatura entre el exterior y el interior. Por ello, generalmente se dice que los muros de una casa son calentados durante el día y que por la noche desprenden el calor acumulado.

Si se hace una gráfica de las temperaturas exteriores e interiores diarias, se obtendrán dos curvas sinusoidales similares, pero con crestas desfasadas y con amplitud diferente

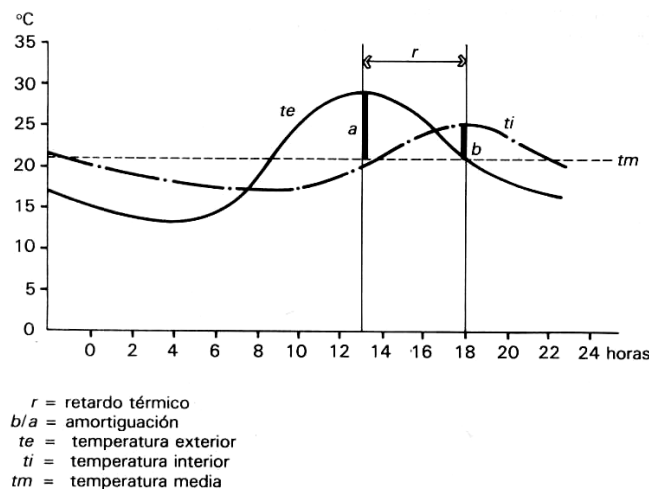


Fig. 30 Retardo y Amortiguación térmica

El desfase horario entre los dos máximos o los dos mínimos se conoce como retardo térmico, mientras que la relación entre las dos amplitudes se llama amortiguación o “factor de decremento”. Se dice que un material tiene mayor o menor inercia térmica cuanto mayores o menores son su retardo y amortiguación.

El factor de decremento es la proporción de temperatura amortiguada con relación a la temperatura media, es decir:

$$\mu = \frac{b}{a}$$

donde:

μ = factor de decremento o amortiguación.

a = grados de la temperatura exterior por arriba de la temperatura media. (°C)

b = grados de la temperatura interior por arriba de la temperatura media (°C)

El factor de decremento y el retardo térmico se puede calcular de manera aproximada. Mediante la determinación de la difusividad térmica del material como sigue:

$$D = k / ce \rho$$

donde:

D = difusividad (m²/h)

k = conductividad térmica (W/m K)

ce = calor específico (Wh/kg K)

ρ = densidad (kg/m³).

De esta forma, el factor de decremento es:

$$\mu = \exp \left(-b \sqrt{\frac{\pi}{D \cdot 24}} \right)$$

como: $\sqrt{\frac{\pi}{24}} = 0.362$

entonces:

$$\mu = \exp \left(-0.362 \cdot b \sqrt{\frac{1}{D}} \right)$$

donde:

μ = factor de decremento o amortiguación.

b = espesor del material. (m)

D = difusividad (m²/h)

el retraso térmico es:

$$\phi = \frac{b}{2} \sqrt{\frac{24}{\pi \cdot D}}$$

como: $\frac{1}{2} \sqrt{\frac{24}{\pi}} = 1.382$

entonces:

$$\phi = 1.382 \cdot b \sqrt{\frac{1}{D}}$$

donde:

- ϕ = retardo térmico (h)
- b = espesor del material. (m)
- D = difusividad (m^2/h)

Si c_e = calor específico está es J/kg K, entonces:

$$\phi = 0.02303 \cdot b \sqrt{\frac{1}{D}}$$

donde: $0.023033 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{24}{\pi \cdot 3600}}$

Para poder calcular el amortiguamiento o factor de decremento, es necesario estimar la temperatura interior. De acuerdo con Steven Szokolay¹³⁹, “para cualquier edificación se puede suponer que en ausencia de ganancias de calor solar e internas, la temperatura media diaria interior y exterior serán idénticas. La ganancia de calor “extra” (solar e interior), puede calcularse y promediarse para las 24 horas del día (Q). Esta ganancia provocará un incremento de la temperatura media interior y con ello se presentará un flujo de calor hacia el exterior de la construcción. El incremento de la temperatura media interior se puede determinar por”:

$$\Delta t = Q / q$$

donde:

- $q = q_c + q_v$ (tasa de pérdidas de calor)
- $q_c = \Sigma(A \cdot U)$ (W/K)
- $q_v = 0.33 \cdot V \cdot N$ (W/K)
- $A =$ área (m^2)
- $U =$ Transmitancia de cada elemento ($W/m^2 K$)
- $V =$ volumen de la habitación (m^3)
- $N =$ número de cambios de aire por hora (c/h)

¹³⁹ Szokolay, Steve. V. 1984. Passive and Low energy design for Thermal and Visual Comfort. Proceedings of the International conference on Passive and Low energy ecotechniques applied to housing. PLEA 84-Mexico. Pergamon Press.

Si se conoce el retardo térmico y el factor de amortiguamiento de cada elemento constructivo, la desviación del flujo de calor medio diario (Q) puede calcularse. Esta desviación de la ganancia calorífica con respecto a la media es absorbida por todos los elementos constructivos o es removida por la ventilación.

La *admitancia* (Y)¹⁴⁰ es una medida de la capacidad de absorción de la ganancia de calor periódico de los elementos constructivos, donde la admitancia para un material sólido se puede encontrar por la siguiente fórmula¹⁴¹:

$$Y = \sqrt{k \cdot \rho \cdot ce \cdot \omega}$$

donde:

- Y = admitancia del material (W/m² K)
- k = conductividad térmica (W/m K)
- ce = calor específico (J/kg K)
- ρ = densidad (kg/m³)
- ω = velocidad angular de la onda de temperatura diurna

$$\omega = 2 \cdot \pi / 24$$

si el calor específico ce está en J/kg K, entonces:

$$Y = 0.0085277 \sqrt{k \cdot \rho \cdot ce}$$

donde: $(0.0085277 = (2 \cdot \pi / (24 \cdot 3600))^{1/2}$

De tal forma, la desviación de la temperatura ambiente interior con respecto a la media diaria se puede determinar por:

$$T_i = Q / [\Sigma(A \cdot Y) + qv]$$

El potencial de la utilización de la masa térmica para invierno (calentamiento indirecto) está determinada por la temperatura media y la oscilación térmica. Evidentemente las variaciones de la temperatura se encuentran entre $T_{med} \pm Osc/2$. En un edificio con muy alta masa la temperatura interior tendería a ser igual a la temperatura media. En ese caso el confort podría mantenerse siempre y cuando la temperatura exterior no disminuya más allá de la temperatura inferior de confort menos la mitad de la oscilación. Sin embargo como esta alta masa térmica es hipotética, Szokolay¹⁴² sugiere que el potencial del efecto de masa invernal es:

$$T_{mas-inv} = T_{inf-conf} - 0.4 \cdot Osc$$

donde:

- $T_{mas-inv}$ = Temperatura por masa invernal (°C)
- $T_{inf-conf}$ = Temperatura inferior de confort (°C)
- Osc = Oscilación térmica (°C)

¹⁴⁰ El método completo para el cálculo de la admitancia puede consultarse en- EN-ISO 13786 International Organization for Standardization.

¹⁴¹ Cf. Szokolay, Steven V. 2004. Introduction to Architectural Science- The basis of Sustainable Design. Architectural Press. Elsevier. London. UK,

¹⁴² Docherty, Michael & Szokolay, Steven. 1999. Climate Analysis. PLEA notes 5. University of Queensland. Brisbane Australia.

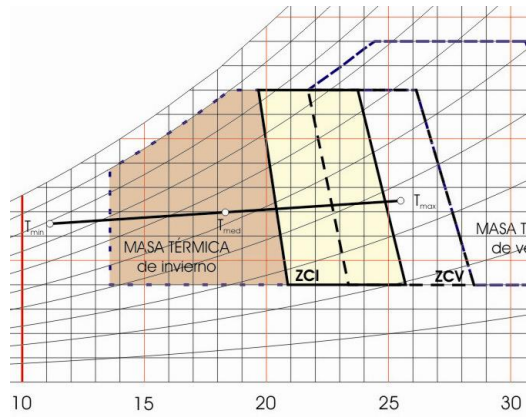


Fig. 31 $T_{min} < T_{mas\ inv}$

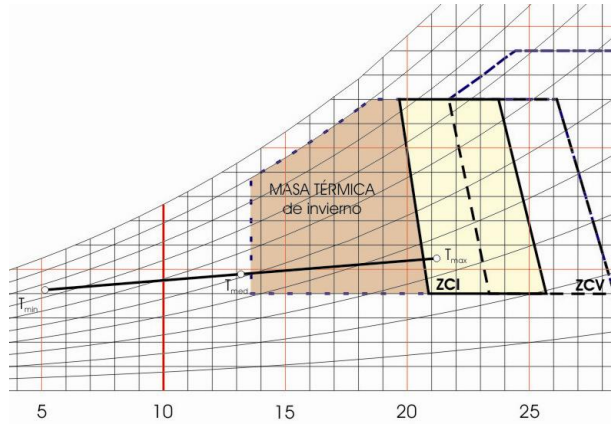


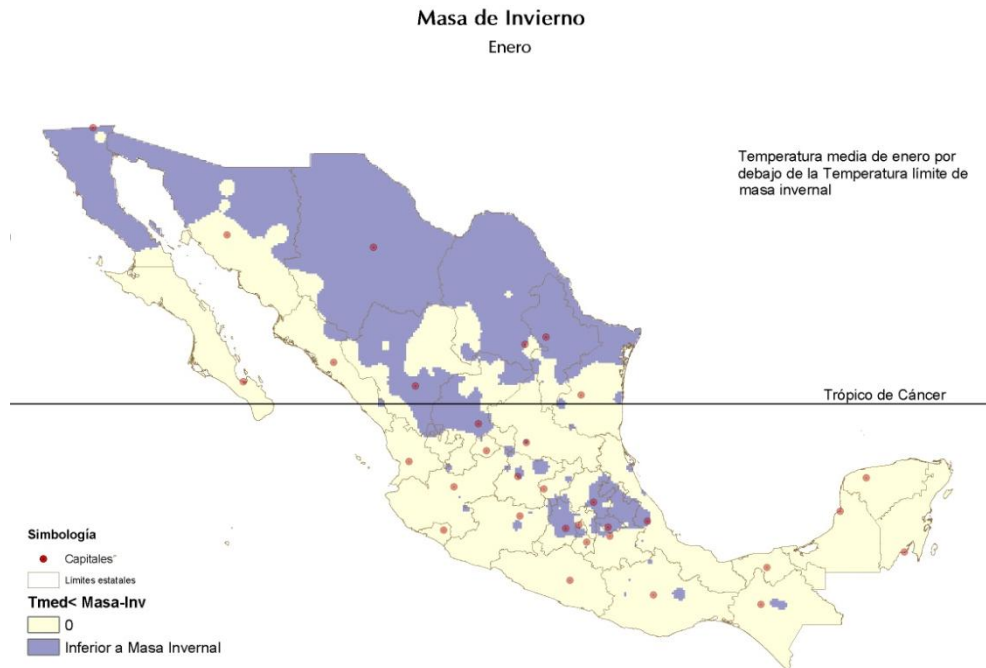
Fig. 32 $T_{med} < T_{mas\ inv}$

El mapa de abajo (Mapa 58) Muestra aquellos lugares en donde la temperatura mínima de enero está por debajo de la temperatura de masa invernal. Es decir, aquellos lugares donde es necesario implementar otra estrategia de calentamiento además de la masividad.



Mapa 61. Masa de Invierno – Temperatura mínima de enero < masa invernal

El mapa de abajo (Mapa 59) Muestra aquellos lugares en donde la temperatura media del mes de enero está por debajo de la temperatura de pasividad invernal, Es decir aquellos lugares donde la pasividad no es suficiente y deben implementarse otras estrategias de calentamiento durante todo el día



Mapa 62. Masa de Invierno – Temperatura media de enero < masa invernal

4.2.1.1.3 Calentamiento Solar Aislado

Se refiere a dispositivos pasivos de calentamiento, adosados o aislados de la construcción o espacio a calentar, interconectados por algún elemento de distribución del calor. El sistema cuenta con un elemento de captación, de almacenamiento y de distribución.

El elemento Solar Aislado tiene en sí mismo un cierto grado de eficiencia pero en cualquier instancia el aporte calórico tiene por resultado un aumento en la eficiencia total del espacio o construcción.

De esta forma, se seguirá el mismo criterio utilizado para el cálculo del potencial de calentamiento solar directo, pero considerando una eficiencia entre el 70 y 80 %. En condiciones especiales de alta eficiencia el porcentaje podría ser mayor, pero generalmente esto no sucede.

De tal forma, To:

$$T_o = T_L - \left(\frac{H_v \cdot A_w \cdot \eta}{24 q} \right)$$

donde:

Hv = Radiación Solar Total sobre una superficie vertical orientada al sur (W/m²)

Aw = Área de acristalamiento orientado al sur (m²)

η = Eficiencia total del sistema

q = Conductancia de la envolvente (W/K)

T_L = Temperatura inferior de confort (°C)

To = Temperatura exterior más baja en la que las pérdidas de calor pueden ser compensadas por la ganancia solar (°C)

Aplicando los términos conocidos del caso hipotético:

$$T_o = T_L - \left(\frac{H_v \cdot 20 \cdot 0.8}{24 \cdot 140} \right)$$

Por lo tanto:

$$T_o = T_L - 0.0048 \cdot H_v$$

4.2.2 EVITAR PÉRDIDAS DE CALOR:

Como estrategia de “calentamiento” es fundamental evitar que se pierdan las ganancias de calor que se han conseguido. Las pérdidas de calor se pueden presentar principalmente de manera convectiva y conductiva, aunque también pueden presentarse de manera radiativa nocturna si no se hace una adecuada selección y dimensionamiento de los materiales y sistemas constructivos.

4.2.2.1 Minimizar la infiltración y el flujo exterior de Aire

Las pérdidas convectivas ocurren en dos sentidos: como infiltración de aire frío exterior o como fugas del aire caliente del interior. En este caso las pérdidas no pueden ser restringidas al 100% ya que en todo caso es necesario garantizar la adecuada renovación del aire para garantizar la calidad del aire interior. Esto se logra con una adecuada oxigenación y la dilución o extracción de los gases contaminantes.

Dado que la tasa de ventilación en una situación de régimen estacionario de producción de CO₂ es:

$$Q = \frac{S}{C_i - C_o}$$

donde:

Q = Tasa de ventilación (m³/h)

S = tasa de emisión contaminante (m³/h)

C_i = Concentración de gas – límite permitido (%)

C_o = Concentración del gas del aire que se introduce (%)

El aire puro contiene aproximadamente una proporción de 0.03% de CO₂

El aire normal en áreas pobladas aproximadamente 0.05% de CO₂ en Zonas urbanas la concentración puede elevarse hasta 0.07% de CO₂. Mientras que el umbral, en donde se presentan efectos nocivos es al rebasar el 0.1% de CO₂. Por otro lado, un adulto en reposo emite 0.015 m³/h de CO₂. De tal forma que la renovación mínima por persona es de:

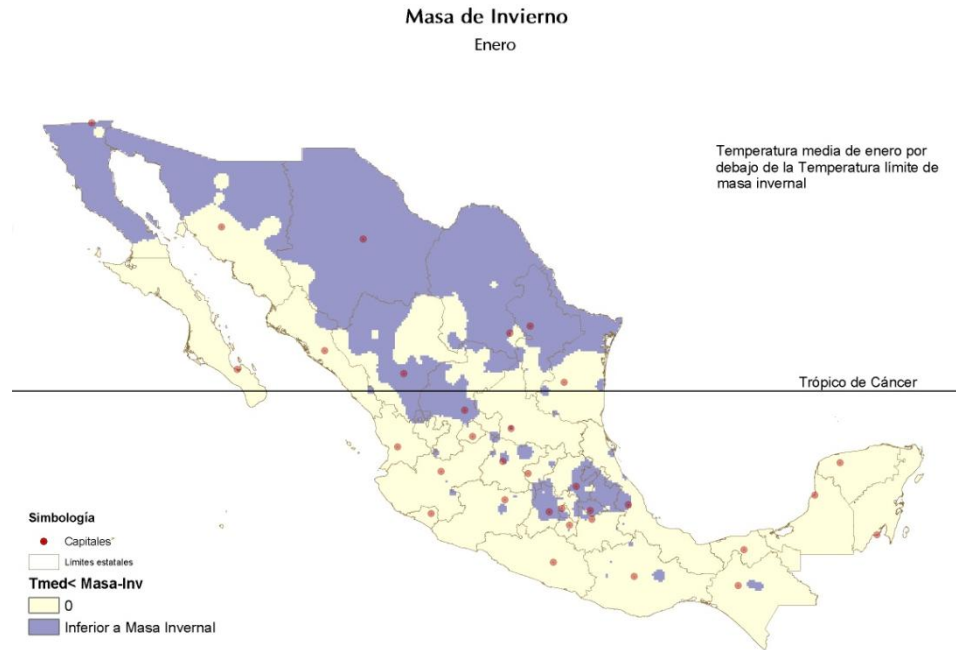
$$Q = \frac{0.015}{0.001 - 0.0003} = 21.4 \text{ m}^3 / \text{h} \cdot \text{persona}$$

Esta será por tanto la mínima renovación de aire requerida por persona siendo ésta la misma cantidad de “infiltración” si la ventilación se hace de manera natural.

En todo caso, el control de la infiltración y su minimización debe hacerse cuando la temperatura sea igual a la temperatura neutra (T_n), ya que si se permite la ventilación o infiltración sin control por debajo de ésta o hasta llegar a la temperatura inferior de confort, se corre el riesgo de que la temperatura caiga con rapidez por debajo de los niveles de confort.

4.2.2.2 Restringir el flujo conductivo de calor.

Restringir el flujo conductivo de calor se refiere a evitar que el calor se pierda por conducción a través de los materiales de la envolvente constructiva, y la mejor manera para evitar que esto suceda, es con la utilización de materiales aislantes. Sin embargo hay que hacer un análisis cuidadoso para que esta estrategia no se contraponga con la de masividad de invierno. Ya que el aislamiento si bien evita las pérdidas de calor, también evita el calentamiento solar indirecto. Por lo que esta estrategia deberá darse cuando la temperatura está por debajo de la temperatura límite de masividad de invierno o incluso por debajo del límite de la zona calentamiento solar en caso de poder utilizarse un sistema de aislamiento selectivo. (Contraventanas, o paneles aislantes móviles)



Mapa 63. Restringir flujo conductivo de calor

Cuando se utilizan materiales aislantes hay que considerar que las propiedades dinámicas (retardo térmico y factor de decremento y admitancia) de elementos compuestos depende no sólo del material y espesor de cada capa, sino de la secuencia o disposición de de cada material con respecto al flujo de calor. Por ejemplo, tener una losa de concreto aislada con poliestireno expandido, se comportará muy distinto si el aislante está en el exterior que en el interior. Tener la masa hacia el interior reducirá la ganancia de calor, la retardará más y se tendrá como resultado una temperatura interior más estable¹⁴³.

4.3 PERIODO CALUROSO

En primer lugar existen requisitos de enfriamiento cuando la temperatura está por arriba de la zona de confort, es decir cuando:

$$T > T_{\text{sup-conf}}$$

donde:

T = Temperatura ambiente (°C)

T_{sup-conf} = Temperatura superior de confort (°C)

¹⁴³ Szokolay, Steven. 2004. Introduction to Architecture Science. The Basis of Sustainable Design. Architectural Press, Elsevier. Great Britain. p49

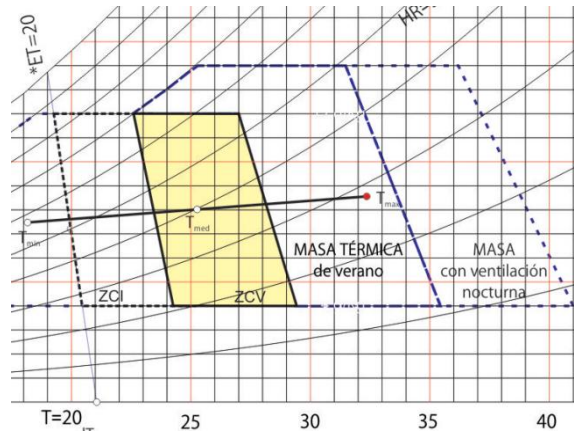


Fig. 33 $T_{max} > ZC$ verano

ESTRATEGIAS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO
ENFRIAMIENTO



Mapa 64. Estrategia de Enfriamiento Temperatura máxima del mes más caluroso $> ZC$

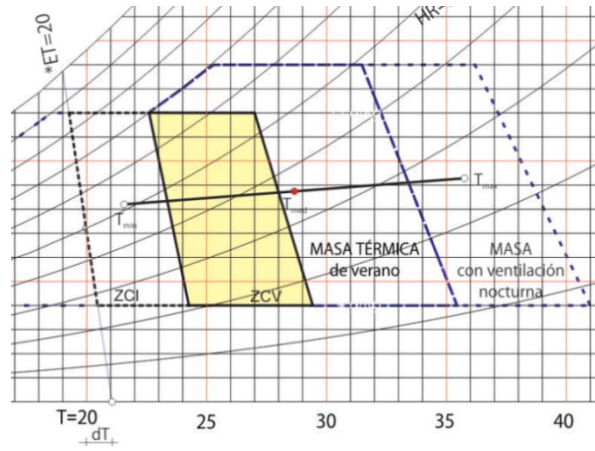
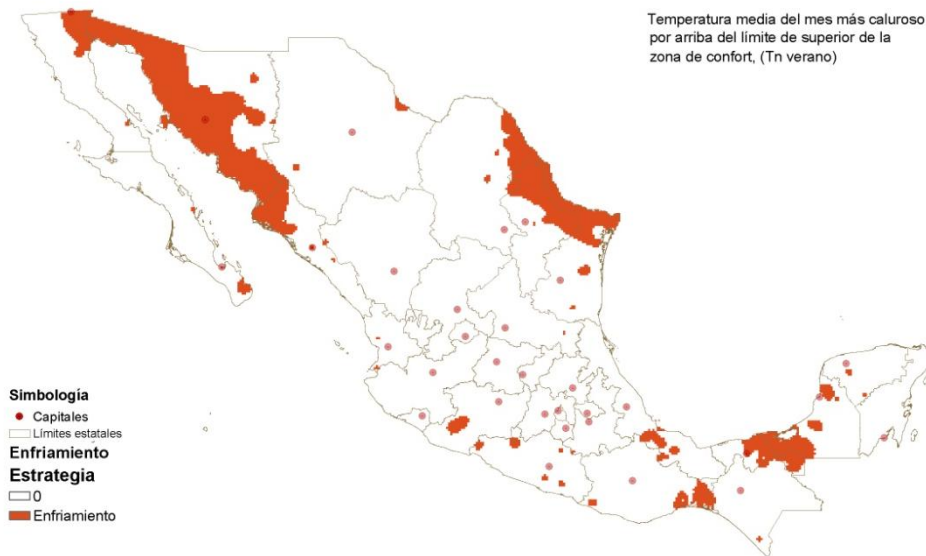


Fig. 34 $T_{med} > ZC$ verano

ESTRATEGIAS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO
ENFRIAMIENTO



Mapa 65. Estrategia de Enfriamiento Temperatura media del mes más caluroso $> ZC$

MAPAS GRADOS-DÍA (enfriamiento)

Otra forma importante de determinar los requerimientos de enfriamiento es por medio de los Grados-Día de enfriamiento. Similarmente que con los Grados-Día de calentamiento, los de enfriamiento se refieren al requerimiento en grados centígrados acumulados en un mes, necesarios para entrar a la zona, es decir que es el superávit de temperatura acumulada en cierto periodo de tiempo.

Para el cálculo de los Grados-día de enfriamiento generalmente se toma como temperatura base (de confort) 26 °C ésta temperatura es genérica y aplicable sobre todo en casos en donde el objetivo es comparar este índice entre varias ciudades, porque de esta forma la comparación se hace bajo los mismos criterios, aunque para análisis particulares se puede usar como temperatura base de referencia el límite superior de la zona de confort de acuerdo a la fórmula propuesta por Auliciems.

La fórmula para el cálculo de los Grados-día es:

$$GD_{enf} = n (T - T_{base})$$

donde:

GD_{enf} = Grados-Día de enfriamiento (°C d)

n = número de días que tiene el mes de análisis

T = Temperatura media anual (°C)

T_{base} = Temperatura base (máxima de confort) (°C)

Sin embargo, como ya se ha dicho anteriormente, el uso de la temperatura media es poco significativo, ya que no se considera la oscilación o amplitud térmica. En el Reino Unido utilizan las siguientes fórmulas para determinar los Grados-Día de enfriamiento, en donde toman en cuenta la temperatura mínima y máxima, lo cual da un resultado de requerimientos de enfriamiento más reales.

Tabla 14. Fórmulas de Grados-Día de enfriamiento

	Condición	Fórmula utilizada
1	$T_{min} > T_{base}$	$GD_{enf} = \left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) - T_{base}$
2	$T_{min} \leq T_{base}$	$GD_{enf} = \left(\frac{T_{max} - T_{base}}{2} \right) - \left(\frac{T_{base} - T_{min}}{4} \right)$
3	$(T_{max} + T_{min})/2 < T_{base}$	$GD_{enf} = \left(\frac{T_{max} - T_{base}}{4} \right)$
4	$T_{max} < T_{base}$	$GD_{enf} = 0$

donde:

GD_{enf} = Grados-Día de enfriamiento (superávit diario de temperatura) (°C)

T_{min} = Temperatura mínima (°C)

T_{max} = Temperatura máxima (°C)

T_{base} = Temperatura base (máxima de confort) (26 °C)

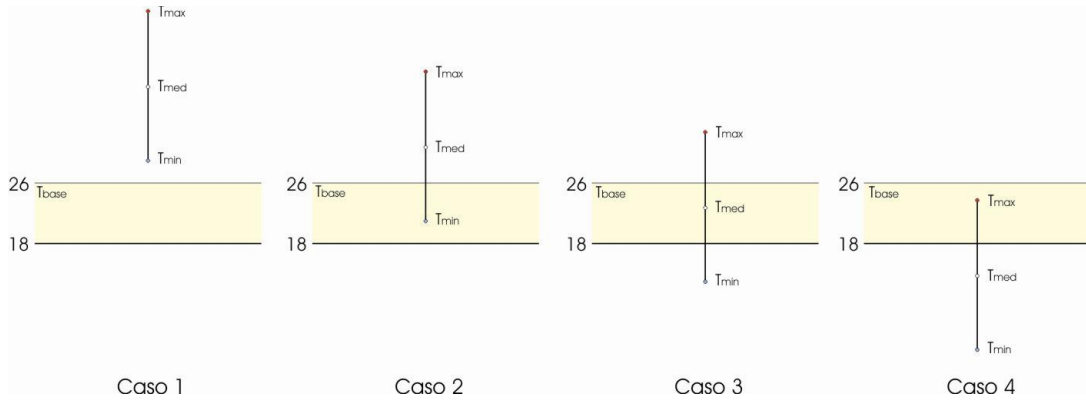
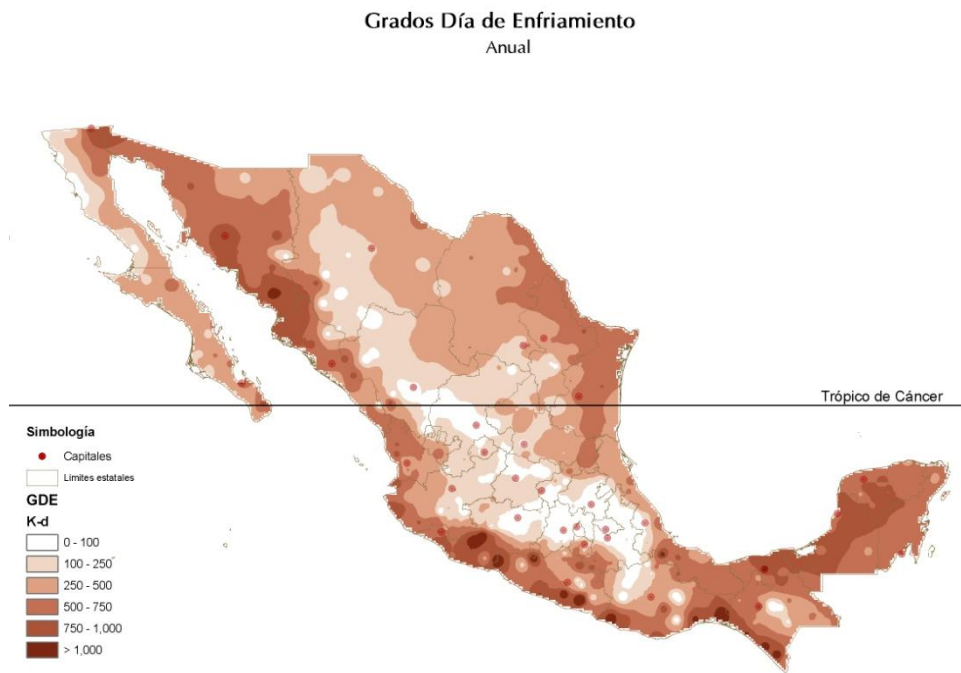


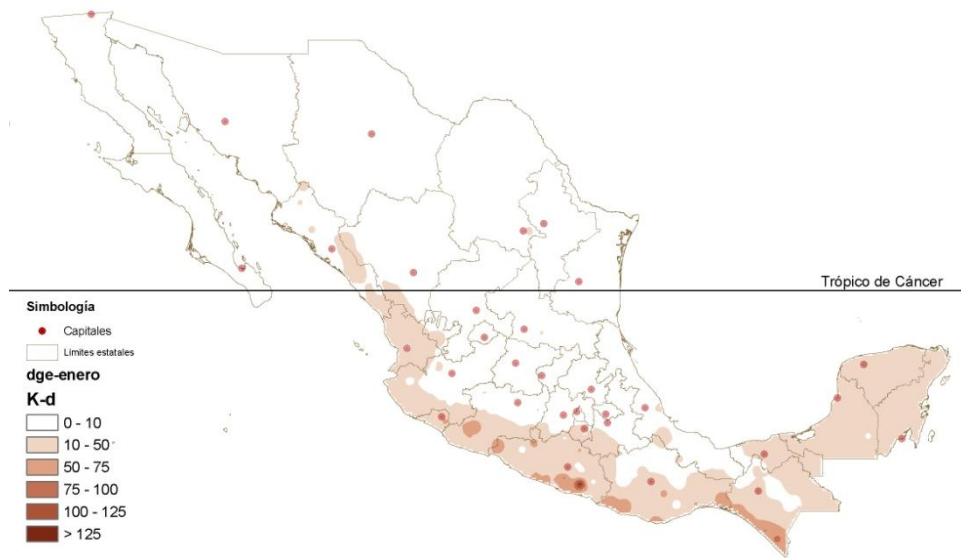
Fig. 35. Casos para la determinación de los Grado-Día de enfriamiento

De acuerdo con estas fórmulas se elaboraron los mapas de Grados-Día de enfriamiento para la República Mexicana. Considerando la temperaturas medias anuales y para los meses de enero y junio.



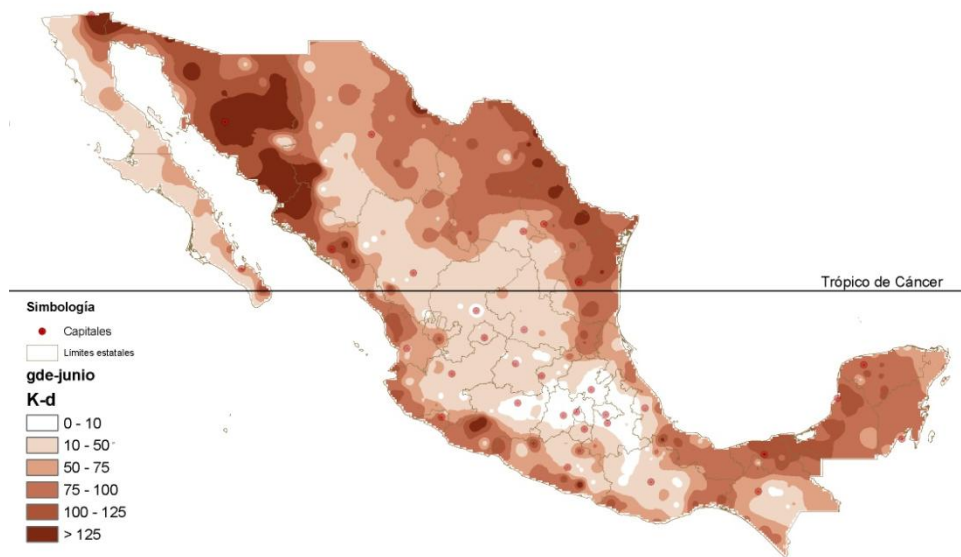
Mapa 66. Grados-Día de enfriamiento- anual

Grados Día de Enfriamiento
Enero



Mapa 67. Grados-Día de enfriamiento – enero

Grados Día de Enfriamiento
Junio



Mapa 68. Grados-Día de enfriamiento - junio

4.3.1 RESTRINGIR GANANCIAS

4.3.1.1 Restringir las Ganancias Solares

El sombreado es la primera estrategia de enfriamiento y una de las más eficaces para evitar el sobrecalentamiento de los espacios. Esta estrategia debe utilizarse a partir de que se alcance la temperatura mínima de confort, ya que permitirla aún estando en condiciones confortables, puede provocar un rápido incremento de la ganancia solar directa y sobrecalentar el espacio interior.

El sombreado debe darse cuando:

$$T > T_{\text{inf-conf}}$$

donde:

T = Temperatura ambiente (°C)
T_{inf-conf} = Temperatura inferior de confort (°C)

Dependiendo del análisis climático y las condiciones ambientales en muchos lugares es necesario que el sombreado deba hacerse no solamente en los acristalamientos para evitar la ganancia directa, sino también en los muros o incluso techumbre para restringir también la ganancia indirecta.

4.3.1.2 Minimizar el flujo conductivo de calor.

4.3.1.2.1 Masividad de verano.

Como se mencionó arriba, en lugares muy calurosos debe restringirse las ganancias solares al máximo, incluso en su incidencia en muros y techumbres. Esto es importante porque el aporte radiante se reduce significativamente, sin embargo la ganancia por conducción no depende del sombreado, sino de las características físicas de los materiales constructivos y de la diferencia de temperaturas entre el aire exterior y el interior.

Por lo tanto, existen dos formas de controlar el flujo conductivo a través de los materiales:

- Por medio de materiales aislantes
- Por medio de materiales masivos

Los materiales aislantes tienen por objetivo el obstaculizar o evitar lo más posible el flujo de calor. Pero hay que tomar en cuenta que el aislamiento funciona en ambos sentidos del flujo. Por una parte frenan el flujo de calor exterior en verano (periodo caluroso), pero también frenan el flujo interno de calor en invierno (periodo frío).

Sin embargo es posible que durante los periodos fríos sea conveniente captar calor solar indirecto a través de los muros, del mismo modo que puede ser necesario que no se acumule el calor en el interior y queramos propiciar las pérdidas radiativas nocturnas durante el verano; por lo que podría presentarse una contradicción en el uso de materiales masivos. Por ello es necesario hacer un cuidadoso estudio de su utilización.

Por otro lado, el uso de materiales masivos tiene por objetivo el controlar el flujo de calor, aprovechando las características físicas de los materiales, es decir aprovechar el retardo del flujo de calor, su amortiguación y su acumulación (admitancia). Es decir que a través de la masividad se controla la inercia térmica.

El flujo de calor a través del material esta determinado por la diferencia de las temperaturas interior y exterior, pero la eficiencia se verá afectado si se introduce el factor de radiación solar. Por tal motivo Szokolay establece que la efectividad de la estrategia de masividad de verano es:

$$T_{mas-ver} = T_{sup-conf} + 0.25 \cdot Osc$$

donde:

$T_{mas-ver}$ = Temperatura por masa de verano *ET (°C)
 $T_{sup-conf}$ = Temperatura superior de confort (°C)
 Osc = Oscilación térmica (°C)

De acuerdo a Givoni, Los límites de humedad en términos de confort se encuentran en el rango entre 5 y 17 mm Hg. y define que existe una interdependencia entre la oscilación térmica y la presión de vapor de agua. La relación entre estas variables se puede aproximar mediante la siguiente ecuación:

$$Osc = 26.11 - 0.833 Pv$$

donde:

Osc = Oscilación térmica (°C)
 Pv = Presión de vapor (mm Hg)

De tal forma que para los límites de humedad de 5 y 17 mm Hg, la oscilación esperada es de 21.94 °C y 11.94 °C respectivamente. El límite superior de la zona de confort Givoni la establece en 78 °F (25.55 °C) de *ET, de tal forma que la eficiencia de la masividad la fija sumando la mitad de la Oscilación a la temperatura correspondiente a la línea *ET de 78 °F. Quedando definida a los 87.5 °F (30.83 °C) a los 17 mm Hg, y a los 100 °F (37.78°C) a los 5 mm Hg de presión de vapor. (En términos prácticos 31-37 °C)

4.3.1.2.2 Masividad con ventilación nocturna

En lugares muy calurosos será conveniente utilizar alta masa térmica, sin embargo el calor acumulado en los materiales deberá ser eliminado a través de la ventilación nocturna, es decir cuando la temperatura del aire ya es lo suficientemente baja para refrescar y no sobrecalentar el espacio. Siguiendo los mismos criterios de Szokolay, el límite de eficiencia de la masividad con ventilación nocturna es:

$$T_{mas-ver} = T_{sup-conf} + 0.45 \cdot Osc$$

donde:

$T_{mas-ver}$ = Temperatura por masa de verano *ET (°C)
 $T_{sup-conf}$ = Temperatura superior de confort (°C)
 Osc = Oscilación térmica (°C)

Los límites que establece Givoni¹⁴⁴ son entre 5 y 17 mm Hg y 39 y 33 °C respectivamente.

En la estrategia de enfriamiento por ventilación nocturna, se asume que el edificio o espacio, está cerrado durante las horas calurosas del día y se abre a la ventilación durante la noche, permitiéndose tanto la renovación del aire por ventilación natural, como el enfriamiento de los materiales constructivos al paso del aire. De esta forma la masividad de los elementos funcionan como un

¹⁴⁴ Givoni, B. 1969. Man Climate and Architecture, Applied Science Publishers, London

“sumidero de calor” que absorbe el calor y que debe ser “vaciado” o enfriado una vez que ha acumulado el calor del día.

El uso de la masividad y su uso con ventilación nocturna pueden darse de manera directa o indirecta. De acuerdo a Givoni¹⁴⁵, hay varias opciones de diseño para proveer la pasividad necesaria para el funcionamiento de esta estrategia:

1. Masa estructural del edificio: (muros, divisiones, piso, techumbre, etc.) enfriados por ventilación natural global.
2. Espacios especialmente alojados dentro de muros, pisos, techumbres, a través de los cuales se hace circular el aire exterior.
3. Almacenamiento especializado como cama de rocas o tanques de agua con tubos o ductos incorporados y enfriados durante la noche.

La eficiencia de esta estrategia está determinada por variables climáticas y por las condiciones de confort y necesidades funcionales de los ocupantes, por ejemplo si están dispuestos a mantener cerradas las ventanas durante el día y dejarlas abiertas durante la noche. Desde el punto de vista climático el principal factor limitante es temperatura mínima exterior ya que los elementos, después de ser ventilados durante la noche estarán ligeramente arriba de esta temperatura.

Otras variables que determinan la efectividad de la ventilación nocturna son:

- La tasa de ventilación
- temperatura del aire nocturno
- área de materiales masivos en contacto con el flujo de la ventilación
- características termo-físicas de los materiales.

Esta estrategia se aplica principalmente en regiones áridas donde las temperaturas diurnas se encuentran entre 30 °C y 36 °C y la temperatura nocturna estar por debajo de 20 °C, y la oscilación diaria debe ser superior a 15 °C. Es ahí donde debe elegirse el tipo de sistema a utilizar para enfriar la masa.

4.3.1.3 Minimizar la infiltración

Una de las principales estrategias de enfriamiento es la ventilación natural, sin embargo, cuando la temperatura del aire es muy elevada, la ventilación deberá restringirse. Se dice que la ventilación puede darse siempre y cuando la temperatura del aire sea inferior a la temperatura del hombre, y generalmente se considera la temperatura media de la piel. El lógico suponer que si el aire incide sobre la piel con una temperatura mayor, se transferirá calor al cuerpo en lugar de darse el efecto de enfriamiento.

En términos generales se acepta que la temperatura media superficial de la piel es de 35 °C, aunque esta varía en función de las variables ambientales y condicionantes de la piel, principalmente está en función de la temperatura radiante y la presión de vapor.

¹⁴⁵ Givoni, B. 1994. Passive and low energy cooling of buildings. John Willey and Sons, Inc. New York. USA

En términos generales la temperatura de la piel se puede calcular mediante la expresión¹⁴⁶:

$$\bar{t}_{sk} = 35.7 - 0.0275 \cdot (M - W)$$

donde:

t_{sk} = Temperatura media de la piel (°C)

M = Tasa Metabólica (W/m²)

W = Tasa del trabajo mecánico involucrado (W/m²)

Si el metabolismo se expresa en unidades Met, entonces:

Met = Unidad de metabolismo

1 Met = 58.15 W/m²

Un adulto normal tiene una superficie corporal aproximada de 1.7 m²,

De tal forma que 1 Met \approx 100 W para una persona normal

De la base de datos de 700 ciudades de la República Mexicana tenemos las siguientes temperaturas del cuerpo:

Tabla 15. Datos promedio de temperatura del cuerpo Base de datos 700 ciudades

	Temperatura ambiente TBS		
	Máxima	Media	Mínima
Temperatura de la piel			
T_{sk} máxima	36.95	34.99	34.13
T_{sk} media	35.02	32.99	30.19
T_{sk} mínima	28.79	28.68	27.22
Temperatura interna			
T_{cr} máxima	36.92	36.91	36.83
T_{cr} media	36.89	36.82	36.78
T_{cr} mínima	36.74	36.74	36.67

Szokolay menciona que el movimiento del aire sobre la superficie de la piel tiene un efecto de enfriamiento aún cuando sea más caluroso de la piel (hasta 38 °C) debido a la aceleración de la evaporación de la transpiración y a la difusión de la humedad.

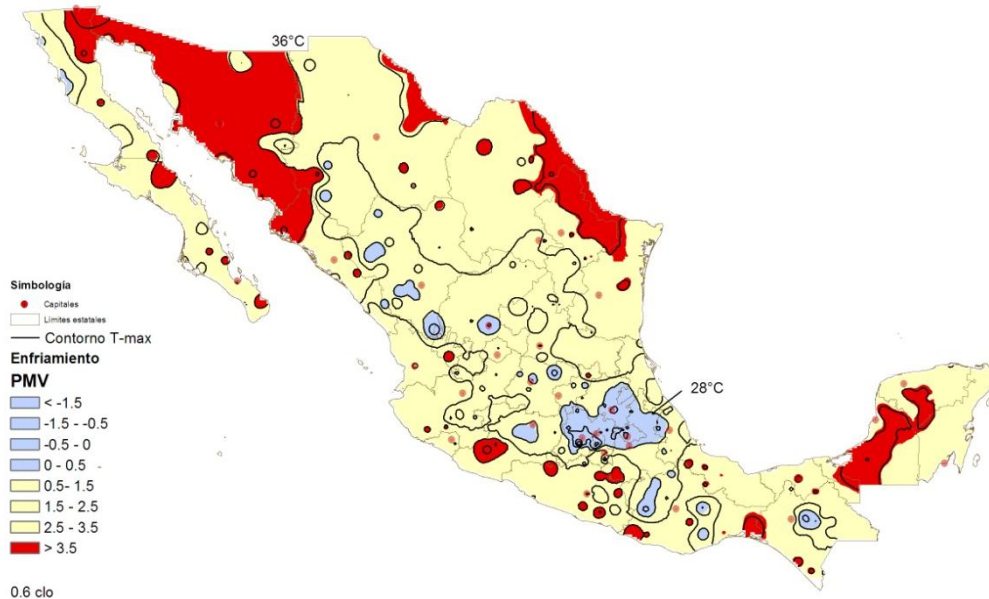
Considerando los valores encontrados en la base de datos, en donde la temperatura media de la piel en la época más calurosa es de 35 °C y tomando en cuenta la nota que hace Szokolay se decidió establecer como límite 36 °C (un grado más) el límite máximo para permitir la ventilación natural.

Es decir que la restricción de la infiltración se da a partir de 36 °C.¹⁴⁷

¹⁴⁶ ASHRAE Handbook 2001. Fundamentals SI Edition. ASHRAE, Atlanta, USA.

¹⁴⁷ Givoni. 1994. sugiere que la ventilación debe darse cuando la temperatura del aire es inferior a 32 °C. y menciona: “Con temperaturas exteriores superiores a 32 °C la temperatura interior en un edificio ventilado se incrementará arriba del límite de confort, incluso con velocidades altas de aire”. y también menciona que “En regiones áridas con temperaturas diurnas por arriba de 36 °C la ventilación nocturna no podrá mantener condiciones interiores a niveles aceptables incluso con alta masa térmica”, se debe pensar en otros sistemas como enfriamiento evaporativo, flujo a través de ductos enterrados, etc. aunque la ventilación nocturna puede ayudar a reducir el periodo de operación de esos otros sistemas.

Enfriamiento



Mapa 69. Restricción de la infiltración (ventilación)

En el mapa se puede apreciar que el PMV mayor a 3.5 coincide de manera importante con las temperaturas máximas por arriba de los 36 °C. En estas zonas definitivamente no se puede utilizar la ventilación como estrategia de enfriamiento, por lo que deberá restringirse la ventilación diurna en los meses más calurosos. Tampoco es conveniente ventilar cuando la temperatura está por debajo de la zona de confort.

4.3.2. Promover Pérdidas

4.3.2.1. Promover la ventilación.

La ventilación natural es una de las estrategias de enfriamiento más eficaces cuando se cuenta con el recurso de viento en condiciones adecuadas. La ventilación tiene tres importantes funciones:

- La renovación de aire
- El enfriamiento de la estructura (masa del edificio)
- El efecto de enfriamiento directo sobre las personas

La incidencia del viento sobre el cuerpo de una persona modifica el balance calorífico y por lo tanto la sensación de confort. Este efecto se da primero porque se afecta la tasa de evaporación de la humedad de la piel y segundo, porque se afecta la tasa conductiva-convectiva de transferencia de calor entre la piel y el aire¹⁴⁸. Al incrementarse la velocidad del aire se incrementa también la tasa de transferencia de calor, pero como se mencionó anteriormente, el flujo está determinado por la temperatura del aire y la temperatura de la piel, además de la presión de vapor. El límite de efectividad de la estrategia de ventilación se da a 1.5 m/s que es la velocidad interior máxima de viento en términos de confort¹⁴⁹.

¹⁴⁸ Watson, D.& Kenneth L. 1983. Climatic Design. Op Cit.

¹⁴⁹ Evans, Benjamin. 1997. Time-Saver Standards for Architectural Design Data: The Reference of Architectural Fundamentals. Edited by Donald Watson. McGraw-Hill Inc. New York. USA. cf. Evans Benjamin. 1957. Natural Air flow around Buildings. Research report, No. 59. Texas A & M. USA

De acuerdo con MacFarlane¹⁵⁰ (1958) la temperatura de la zona de confort térmico disminuye 0.8 °C por cada 10% de incremento en la humedad relativa cuando ésta es superior al 60%, es decir:

$$\partial T = 0.8 \left(\frac{HR - 60}{10} \right)$$

Mientras que la zona de confort se “amplía” 0.55 °C por cada 1.5 m/s de ventilación, para velocidades hasta de 1 m/s y una temperatura hasta 37 °C, es decir:

$$\partial T = 0.55 \left(\frac{v}{0.15} \right)$$

En 1997 ASHRAE¹⁵¹ ajustó esta fórmula para un rango de hasta 2.2 m/s quedando de la siguiente manera:

$$\partial T = 0.55 \left(\frac{v - 0.2}{0.15} \right)$$

Con base en estos antecedentes, R. Aynsley¹⁵² establece que la velocidad del viento necesaria para reestablecer el confort en climas cálidos húmedos se puede estimar mediante la siguiente ecuación:

$$v = \left[T - 27.2 + 0.56 \left(\frac{HR - 60}{10} \right) \right]$$

donde:

v = velocidad del viento (m/s)

T = temperatura del aire (°C) (para T ≥ 27.2)

HR = humedad relativa (%) (para HR ≥ 60%)

Como se puede apreciar, Aynsley limita la utilización de su fórmula en 27.2 °C de temperatura del aire. Debido a que el requerimiento de ventilación se establece a partir del límite superior de confort, es conveniente sustituir 27.2 por dicho límite, de tal forma que:

$$v = \left[T - T_{max-conf} + 0.56 \left(\frac{HR - 60}{10} \right) \right]$$

donde:

T_{max-conf} = temperatura máxima de confort (°C)

Aplicando la fórmula de MacFarlane para ventilación se obtiene que la efectividad de la ventilación a 1.5 m/s es de 4.77 °C por arriba del límite de confort, Sin embargo Szokolay menciona que el movimiento del aire sobre la superficie del cuerpo tiene un efecto de enfriamiento aún cuando el aire sea más caliente que la piel, de tal forma que establece que el efecto de enfriamiento del viento se puede definir mediante:

¹⁵⁰ Michael McKenna, 2001. *Motion effects*, Department of Architecture RMIT University, ESD seminar

¹⁵¹ ASHRAE Fundamentals Handbook 1997. Atlanta, USA.

¹⁵² Aynsley, Richard. s/f Unresolved issues in natural ventilation for thermal comfort, Australia, Australian Institute of tropical architecture / James Cook University.

$$\partial T = 6(v - 0.2) - (v - 0.2)^2$$

Por lo que la efectividad de la ventilación para 1.5 m/s es de 6.1 °C. Valor que debe ser agregado al límite superior de la zona de confort al 50% de HR.

$$Lv_{(50\%)} = T_{max-conf} + 6.1$$

donde:

$Lv_{(50\%)}$ = temperatura límite de efectividad de ventilación (1.5 m/s) a 50 % de HR (°C) = *ET límite.

Para definir el límite de la estrategia de ventilación en la carta psicrométrica (para humedades superiores al 50%), Szokolay toma como máximo la velocidad del viento de 1.5 m/s. Este límite se ubica sobre la misma línea, y pendiente, de la Nueva Temperatura Efectiva (*ET), correspondiente a la temperatura encontrada al sumar 6.1 a la temperatura máxima de confort, sobre la curva de 50% de HR.

Para definir la línea de Temperatura Efectiva (*ET), Szokolay propone seguir el siguiente procedimiento: La Temperatura Efectiva (*ET), coincide con la Temperatura de Bulbo Seco (TBS) en la línea de 50% HR. La línea de *ET tendrá una pendiente (inclinación) específica de acuerdo a la temperatura que se trate, e intersectará a la línea base de la carta psicrométrica ($HA = 0$ g/kg) en el punto correspondiente a la temperatura TBS resultante de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\Delta T = 0.023 * (T - 14) * HA_{t(50\%)}$$

donde:

T = Temperatura (°C)

HA = Humedad absoluta para T y 50% de HR. (g/Kg)

De tal forma el punto de intersección será igual a:

$$\text{punto de intersección} = T + dT$$

CARTA PSICROMÉTRICA

Localidad: Veracruz, Ver.
 Tn (invierno) = 24.2°
 Tn (verano) = 26.3°

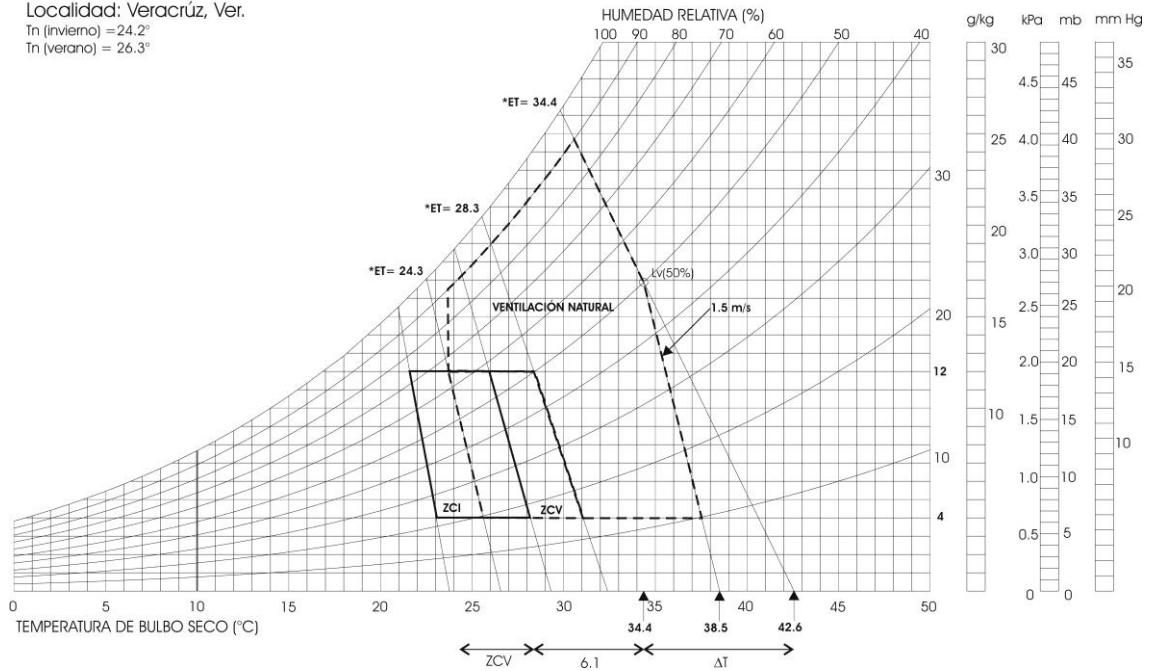


Fig. 36 Límite de efectividad de la ventilación natural 1.5 m/s

La línea límite de la efectividad de ventilación a 1.5 m/s seguirá la misma pendiente de *ET cuando la HR es mayor a 50% pero para HR menores la pendiente cambia. Esta línea se obtiene uniendo el punto $L_{(50\%)}$ con el punto de intersección $T + 0.5 \text{ dT}$. La efectividad de la ventilación queda limitada en $HA = 4 \text{ g/kg}$ y en la curva de 90% de HR. El límite de efectividad para cualquier otra velocidad del viento se puede determinar siguiendo el mismo procedimiento, por ejemplo para 1 m/s, $dt = 4.16$.

La figura 5 muestra los límites de efectividad de la ventilación a 1.5 m/s para distintas Temperaturas Neutras (Tn), según la fórmula de Auliciem, y de acuerdo a los criterios establecidos por Szokolay de utilizar la línea *ET para humedades relativas mayores a 50%

La temperatura límite (TL) para 1.5 m/s en función de HR se puede obtener mediante¹⁵³:

$$TL = ((0.00000099722 \text{ HR}^2) (-12.199+Tn) (0.8844+Tn)) - (0.00017506 \text{ HR} (-9.74621+Tn) (24.04072+Tn)) + (0.0062146654 (5.4209+Tn) (180.36666+Tn))$$

¹⁵³ Fórmula desarrollada por Víctor Fuentes Freixanet para este trabajo

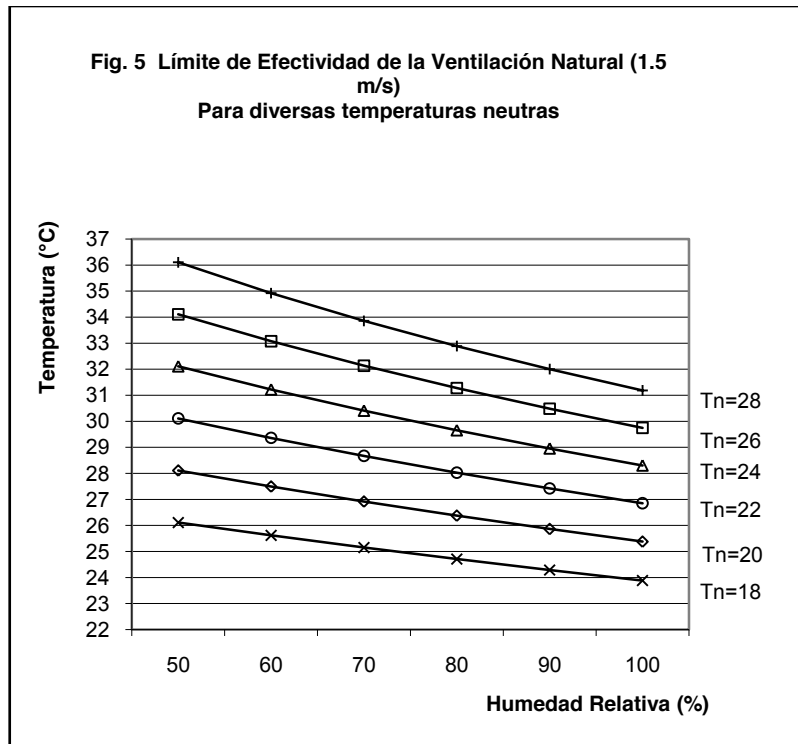


Fig. 37 Límite de efectividad de la ventilación para varias temperaturas neutras

4.3.2.2 Promover el enfriamiento evaporativo

La evaporación en sí misma no es un mecanismo de transferencia de calor, sin embargo el cambio de fase o de estado físico de una sustancia involucra un intercambio de energía entre dicha sustancia y su entorno. De esta forma el proceso de evaporación del agua demanda energía del aire circundante, lo que se traducirá en un enfriamiento del aire pero sin variar su entalpía, ya que en el proceso adiabático de evaporación simplemente se convierte el calor sensible en latente.

El calor latente de evaporación del agua se puede estimar mediante la siguiente ecuación¹⁵⁴:

$$\Delta h = 597.3 - 0.564 T$$

donde:

Δh = Calor latente de evaporación del agua (cal/g)

T = Temperatura del agua (°C)

o bien:

$$\Delta h = 2500.78 - 2.36136 T$$

donde:

Δh = Calor latente de evaporación del agua (Entalpía) (kJ/kg)

¹⁵⁴ Cf. para valores precisos consulte: The International Association for the properties of Water and Steam. IAPWS. Sep. 2007 <http://www.iapws.org/>

Es decir que a una temperatura del agua de 20 °C se requieren de 2,453.5 kJ para evaporar 1 kilogramo de agua. Esta cantidad de energía es tomada del aire circundante. Las propiedades del agua también se ven modificadas en función de la presión atmosférica. Como 1Wh = 3600 J. tenemos que al evaporar 1 litro de agua (1Kg) se produce una tasa de enfriamiento de:

$$Q_e = e \left(\frac{\Delta h}{3600} \right)$$

donde:

Q_e = Energía calorífica por evaporación (W = J/s)

Δh = En este caso el calor latente de evaporación está dado en J/kg

e = Tasa de evaporación (kg/h) (h=3600 s)

Dado que el sistema evaporativo más simple es un estanque, la evaporación superficial de agua quieta se puede estimar mediante¹⁵⁵:

$$Ev = 0.003 \cdot (pv_s - pv_a) \cdot (1 + 0.38 v)$$

donde:

Ev = Tasa de evaporación (L/m² día)

pvs = presión de vapor de la superficie del agua (presión de saturación) (Pa)

pva = presión de vapor del aire (Pa)

v = velocidad del aire sobre la superficie (m/s)

Debido a que la evaporación consiste en un proceso adiabático en donde se mantiene la entalpía del aire. La zona de esta estrategia esta limitada por las líneas de temperatura de bulbo húmedo que coinciden con los vértices de la zona de confort de verano. Y queda limitada en $T_n + 12$ (°C). Givoni establece como límite 14°C a partir del límite superior de la zona de confort.

La estrategia de evaporación también puede darse de manera indirecta, es decir sin incorporar humedad al aire. En este caso el límite queda definido a una humedad específica de 14 g/kg y con a una temperatura de $T_n + 15$ (°C).

Cualquier sistema de enfriamiento evaporativo depende de la “eficiencia de saturación”, la cual debe ser mayor al 70%¹⁵⁶

$$SE = \frac{T_{db,in} - T_{db,out}}{T_{db,in} - T_{wb,in}}$$

donde:

SE = Eficiencia de saturación

$T_{db, in}$ = Temperatura de bulbo seco interior (°C)

$T_{db, out}$ = Temperatura de bulbo seco exterior (°C)

$T_{wb, in}$ = Temperatura de bulbo húmedo interior (°C)

¹⁵⁵ Docherty, M. & Szokolay, S. 1999. Climate Analysis PLEA Note No. 5. University of Queensland. Australia.

¹⁵⁶ Santamouris, M. And Asimakopoulous, D. 1996. Passive Cooling of Buildings. James & James, London U.K. p 407

El enfriamiento evaporativo directo es aplicable a zonas áridas donde haya suficiente disponibilidad de agua el principal criterio para el buen desempeño de este sistema es la temperatura de bulbo húmedo. Se tiene un mayor potencial entre mayor sea la diferencia entre la temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo. La temperatura interior máxima del aire será entre 3 y 4 °C por arriba de la temperatura máxima ambiente de bulbo húmedo. El enfriamiento evaporativo directo se recomienda cuando la temperatura de bulbo húmedo en verano es inferior a 22 °C o 24 °C y la temperatura de bulbo seco es inferior a 42 °C o 44 °C El enfriamiento evaporativo indirecto se puede aplicar en lugares donde la temperatura de bulbo húmedo sea menor 25°C con una temperatura de bulbo seco máxima de 46 °C.¹⁵⁷ En ambos casos es conveniente que la velocidad del aire sea inferior a 1 m/s y que la humedad relativa sea inferior al 70%

4.3.2.3 Promover el enfriamiento radiante

El enfriamiento radiante se basa en el principio termodinámico de que todos los materiales emiten energía en forma de radiación electromagnética hacia materiales en su entorno que estén más fríos.

Durante el día el Sol irradia su calor en forma de radiaciones de onda corta hacia la Tierra. Principalmente durante la noche la tierra irradia el calor acumulado en forma de radiaciones de onda larga hacia el cielo nocturno. De esa forma se establece un balance térmico entre la cantidad de energía que entra y sale de la Tierra.

El máximo potencial de enfriamiento radiante se da en cielos despejados y atmósfera limpia, ya que todos los elementos como nubes, partículas suspendidas, polvo, dióxido de carbono, etc. obstruyen el efecto radiante.

La envolvente constructiva absorbe calor durante el día pero de manera natural lo emite durante la noche y aunque todos los elementos de la envolvente presentan dicha emisión, son las techumbres los elementos radiantes más importantes por estar orientados directamente hacia el cielo nocturno.

Para lograr una buena eficiencia de una cubierta radiante, es necesario seleccionar adecuadamente los materiales y acabados de la techumbre, eligiendo materiales de baja absorción y alta emisividad. Además de esta importante selección de materiales (sistema radiante pasivo) se pueden diseñar sistemas radiantes, activos, consistentes en la utilización de materiales masivos y activos funcionando de manera alternada cuando sean necesarios. Estos sistemas se pueden agrupar en¹⁵⁸:

- Sistemas de aislamiento movable
- Sistemas de masa térmica movable
- Sistemas de radiadores planos de aire.

Los sistemas de aislamiento movable, consisten en tener materiales aislantes bloqueen la radiación solar durante el día y que puedan quitarse durante la noche para dejar expuesta la cubierta masiva para que pueda darse el efecto de radiación. Una ventaja de estos sistemas es que puede invertirse el ciclo durante el invierno de tal forma que se tenga la masa expuesta durante el día para captar calor y se aísla durante la noche para que la emisión sea hacia el interior. El inconveniente es que la movilidad de los elementos aislantes implica dispositivos electromecánicos o trabajo manual para retirarlos.

¹⁵⁷ Givoni, B. 1994. *Passive and low energy cooling of buildings*. Willey and Sons Inc. New York.

¹⁵⁸ Santamouris, A. & Asimakopoulous. (1996) *Passive Cooling of Buildings*. James & James. London, UK

Los sistemas de masa térmica movable son en realidad variaciones de los sistemas anteriores, pero en este caso la masa es desplazada durante el día y la noche. Para poder lograr esto generalmente se utiliza agua como elemento de pasividad, lo cual incrementa el costo debido a que hay que construir un estanque aislado en la cubierta de la construcción. La ventaja de este sistema es que por tratarse de agua, el enfriamiento puede hacerse en otros lugares o espacios de la edificación y no necesariamente en el espacio debajo del sistema.

Los sistemas tipo radiador plano de aire. Son muy similares a un colector solar plano. Con la única diferencia que su funcionamiento es durante la noche. El aire que está siendo enfriado durante la noche debe ser movido por medios electromecánicos.

Watson y Labs describen la estrategia de enfriamiento radiante como “el sumidero de calor más problemático de utilizar en el diseño bioclimático. Por un lado hay dificultades ambientales y por otro arquitectónicas”. Los inconvenientes ambientales los enuncian:

Aún con el máximo potencial de enfriamiento de cielo claro, el cielo no es un sumidero poderoso. Excepto en condiciones muy áridas, su temperatura rara vez cae más de 11 °C por debajo de la temperatura ambiente.

4.3.2.4 Promover el enfriamiento hacia la tierra

La masa de la tierra que se encuentra debajo o alrededor de una edificación puede ser utilizada como “sumidero de calor” es decir intercambiar el calor del aire o del edificio hacia la frescura del suelo. La temperatura más baja del suelo se encuentra aproximadamente a 6 m. pero a 3.5 m la temperatura no es significativamente mayor¹⁵⁹. Algunos datos muy generales se pueden apreciar en la siguiente tabla de rangos de temperaturas relativas para diferentes climas:

Tabla. 16 Rangos de temperaturas relativas del suelo¹⁶⁰

Rangos de temperatura relativa anual (para suelos intermedios de distinta condición climática)							
condición	Profundidad (m)						
	0	0.5	1	2	3	4	5
Desértico	1.00	0.78	0.61	0.37	0.22	0.14	0.08
Árido	1.00	0.80	0.64	0.41	0.26	0.17	0.11
Intermedio	1.00	0.82	0.67	0.45	0.30	0.20	0.14
Húmedo	1.00	0.84	0.70	0.50	0.35	0.25	0.17
Mojado	1.00	0.86	0.74	0.55	0.41	0.30	0.22

Es muy importante que el terreno que se usará como sumidero de calor esté sombreado, ya que pueden presentarse diferencias de temperatura entre 8 y 15 grados menos con respecto a suelos asoleados.¹⁶¹

¹⁵⁹ Labs, Kenneth. 1980. Earth Tempering as a Passive Design Strategy. Undercurrent Design Research New Haven, Connecticut US.

¹⁶⁰ Givoni, B. 1994. Passive and Low Energy Cooling of Buildings. John Wiley and Sons, New York, US,

¹⁶¹ Givoni, B. Passive and Low Energy Cooling of Buildings. Op. cit

La utilización de la masividad del suelo como estrategia de diseño puede ser de dos tipos:

- Sistema Directo. Utilizando la tierra en contacto con la edificación.
- Sistema Indirecto. Utilizando ductos o tubería como intercambiador de calor y de esta manera inyectar aire fresco al edificio.

En ambos casos, pero sobre todo en el sistema directo hay presentes muchas variables que intervienen en el cálculo de transferencia de calor. Algunas de estas variables son, la temperatura del aire, la oscilación térmica diaria y anual de la temperatura del aire, la temperatura de la superficie de la tierra y su oscilación anual. La humedad presente en la tierra; la irrigación, e índice de lluvia; las características propias del suelo como son: conductividad, difusividad, retardo térmico y admitancia; cobertura vegetal, factor de reflectancia o albedo, etc.

Watson y Labs, proponen la siguiente taxonomía para los sistemas directos.

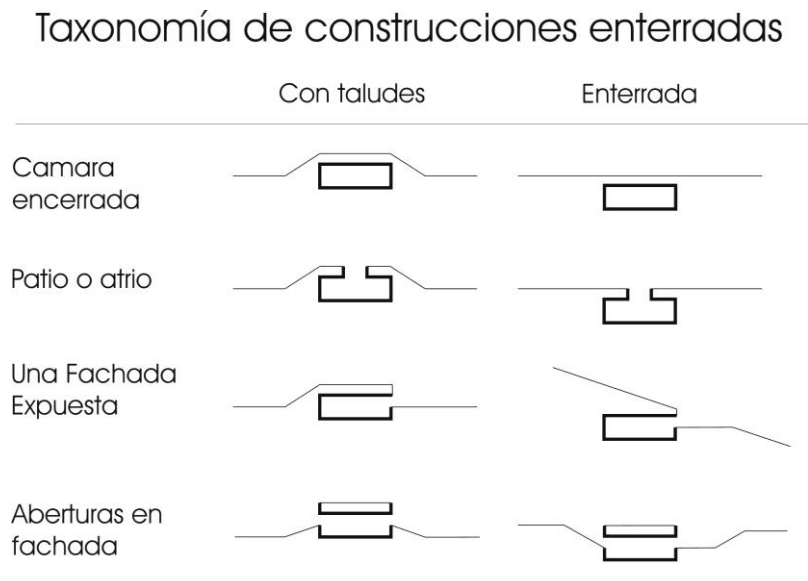


Fig. 38 Taxonomía de construcciones enterradas

Como se aprecia en la taxonomía, las construcciones pueden estar total o parcialmente cubiertas por el terreno; con una o varias fachadas expuestas y con distintos tipos de aberturas para permitir la ventilación e iluminación naturales.

En regiones frías es conveniente agregar aislamiento exterior a la construcción para evitar pérdidas de calor excesivo hacia el terreno. La cubierta de terrado o cubierta con pasto no debe exceder los 30 cm de espesor. Fácilmente se puede alcanzar temperaturas de punto de rocío, por lo que es posible tener condensación, por lo que estos sistemas son recomendados en climas áridos y desérticos. Es necesario garantizar un eficiente sistema de ventilación e iluminación natural.

Sistema de enfriamiento conductivo Indirecto

Se pueden utilizar intercambiadores de calor “ductos enterrados” pero hay que tomar en cuenta las siguientes consideraciones mínimas.

- La longitud mínima del intercambiador (ducto) debe ser de 10 m, Es preferible tener diámetros pequeños de ductos. El diámetro debe ser entre 0.2 y 0.3 m
- Se optimiza el sistema contando con un sistema de múltiples tubos para favorecer el intercambio de calor.
- La profundidad del intercambiador debe estar dentro del rango 1.5 y 3.0 m
- La velocidad del aire a través del ducto deberá ser entre 4 y 8 m/s
- Hay que cuidar la calidad del aire de salida, ya que con la presencia de humedad se pueden generar hongos y bacterias al interior de los ductos, así mismo puede haber presencia de insectos o roedores.
- La inyección de aire puede hacerse de manera pasiva o activa por medio de ventiladores.

La estrategia de Enfriamiento conductivo utilizando el suelo como sumidero de calor no es una solución simple al complejo problema de control climático¹⁶². Deben considerarse todas las demás estrategias bioclimáticas y aplicarse de manera integral para garantizar el buen funcionamiento del proyecto.

¹⁶² Watson & Labs. Op Cit.

SÍNTESIS METODOLÓGICA

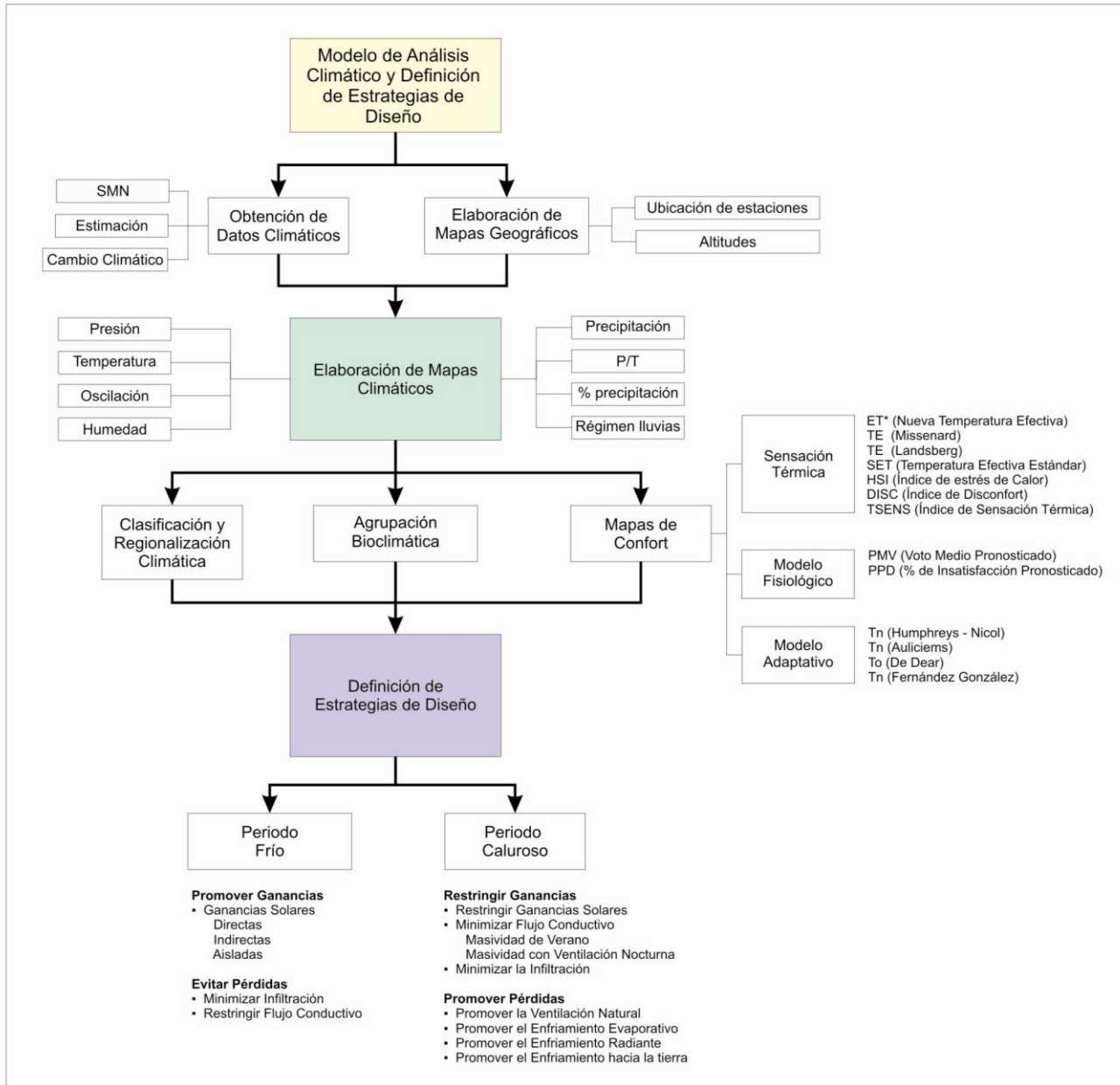


Fig. 39 Esquema Metodológico

5. SÍNTESIS METODOLÓGICA

Modelo de Análisis Climático y Definición de Estrategias de Diseño

Herramienta metodológica básica:

Cartografía

5.1 Obtención de Datos Climáticos

El modelo de análisis propuesto inicia con la obtención y procesamiento de datos climáticos. En este caso se conformó una base de datos de 700 ciudades de la República Mexicana con los parámetros climáticos básicos de temperaturas, oscilaciones, humedades y precipitaciones. La mayoría de los datos se consiguieron a través de la información del Servicio Meteorológico Nacional, sin embargo debido a la carencia de algunos de ellos fue necesario hacer estimaciones por medio de modelos matemáticos. Éste fue el caso de las humedades relativas. Sólo se consiguieron datos la humedad relativa media de aquellas ciudades que cuentan con observatorio meteorológico (generalmente las capitales de Estado), pero para todas las demás se utilizaron las fórmulas desarrolladas por el Dr. Adalberto Tejeda¹⁶³.

A partir de estos datos, se calcularon el porcentaje de precipitación invernal, la relación precipitación-temperatura y el régimen de lluvias. La presión atmosférica se calculó con base en la altitud de cada una de las 700 estaciones seleccionadas.

5.2 Estudios de Cambio climático

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático¹⁶⁴ (CMCC), en su Artículo 1, define *cambio climático* como: “un 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 períodos de tiempo comparables”

Ciertamente la Tierra presenta cambios climáticos de manera natural y cíclica, sin embargo la actividad humana ha provocado alteraciones en la composición atmosférica que están desequilibrando el balance de energía que entra y sale del planeta, lo que está induciendo un cambio climático acelerado.

La emisión de gases contaminantes, principalmente CO₂, liberados por la quema de combustibles fósiles (carbón, derivados del petróleo y gas), así como la deforestación y algunas prácticas agrícolas, son los principales causantes de que el efecto invernadero se esté incrementando.

El informe sobre cambio climático 2007 publicado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático¹⁶⁵ de la Organización Meteorológica Mundial y del programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, señala enfáticamente que “el calentamiento del sistema climático es inequívoco” y establece como evidencia de estos cambios el aumento de la temperatura del aire y de los océanos, el deshielo generalizado de las nieves y hielos del planeta, y el aumento del promedio del nivel del mar.

¹⁶³ Tejeda, Adalberto. *Programa de cálculo de la Humedad Relativa*. (Excel) Universidad Veracruzana, Jalapa. Veracruz, México.

¹⁶⁴ Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático. 1992. FCCC/Informal/84. Naciones Unidas, Nueva York, USA.

¹⁶⁵ Cambio Climático 2007. 2008 Informe de Síntesis. Informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC). OMM – PNUMA Valencia, España.

Con respecto al primer punto se muestra que de los doce últimos años (1995-2006) once figuran entre los más cálidos presentados desde 1850. La tendencia lineal de los últimos 100 años (1906-2005) muestra un incremento de 0.74 °C, siendo más acentuado en las latitudes septentrionales superiores.

Por otro lado, el nivel medio del mar ha aumentado 3.1 mm/año desde 1993, incremento superior si se compara con el promedio de 1.8 mm/año presentado desde 1961. Este fenómeno está siendo ocasionado por el deshielo acelerado de las masas de hielo y nieve del planeta. A partir de datos satelitales desde 1978 se ha observado que el promedio anual de hielos marinos árticos ha disminuido en 2.7 % por decenio, con disminuciones estivales significativas de 7.4 %/decenio.

Todos estos cambios atmosféricos y marítimos están provocando cambios en el clima mundial, que se presentan de manera distribuida y diferenciada. En algunos lugares se está incrementando drásticamente los niveles de precipitación pluvial, mientras que en otros se están acentuando las sequías. Por otro lado los huracanes y tornados se están incrementando en número y en intensidad...

Cambios en la temperatura, en el nivel del mar y en la cubierta de nieve del Hemisferio Norte

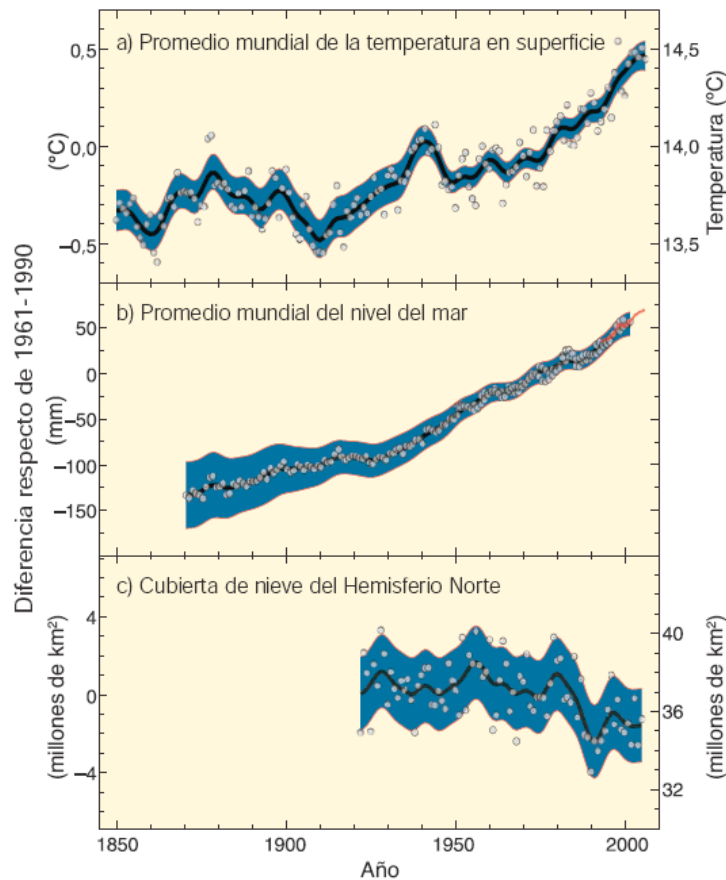


Fig. 40 Cambios en la temperatura, en el nivel del mar y en la cubierta de nieve del Hemisferio Norte

Cambio experimentado por la temperatura a nivel mundial y continental

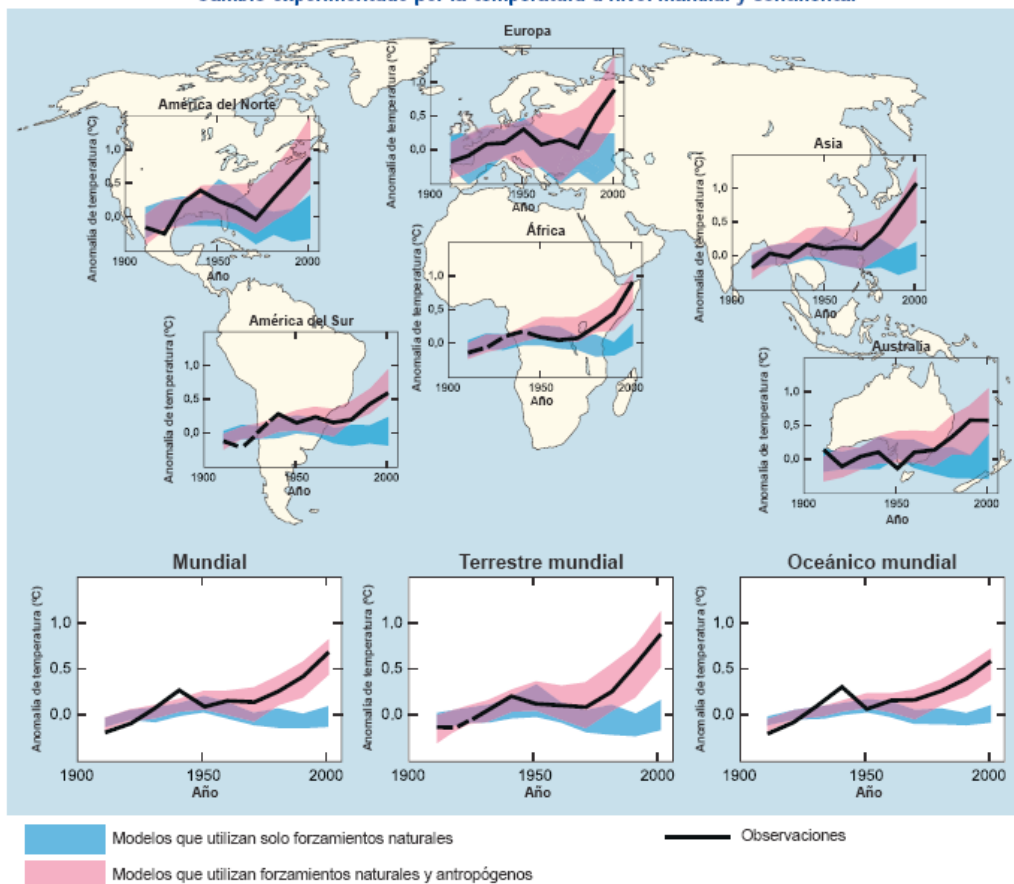


Fig. 41 Cambio experimentado por la temperatura a nivel mundial y continental.

La República Mexicana está involucrada directamente en el cambio climático mundial, en parte por la producción de gases de efecto invernadero, por la deforestación y otras actividades que afectan a la atmósfera, pero también, y de manera importante, está sufriendo los efectos de dichos cambios.

El incremento de las temperaturas y los niveles de precipitación pluvial en todo el territorio con el consecuente desbordamiento de presas y ríos, la pérdida de superficie nevada y el incremento del nivel medio del mar son evidencia de las afectaciones climáticas que hemos ocasionado.

Como ejemplo se puede citar a la ciudad de México, donde la tendencia lineal en los últimos 100 años¹⁶⁷ (1906-2005) muestra un incremento de 2.35 °C, lo que representa más de tres veces superior a la tendencia de calentamiento a nivel mundial. (0.74 °C).

¹⁶⁷ Tendencia lineal calculada con datos de temperatura media mensual y anual 1906-2005, proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional. CNA. México, D.F.

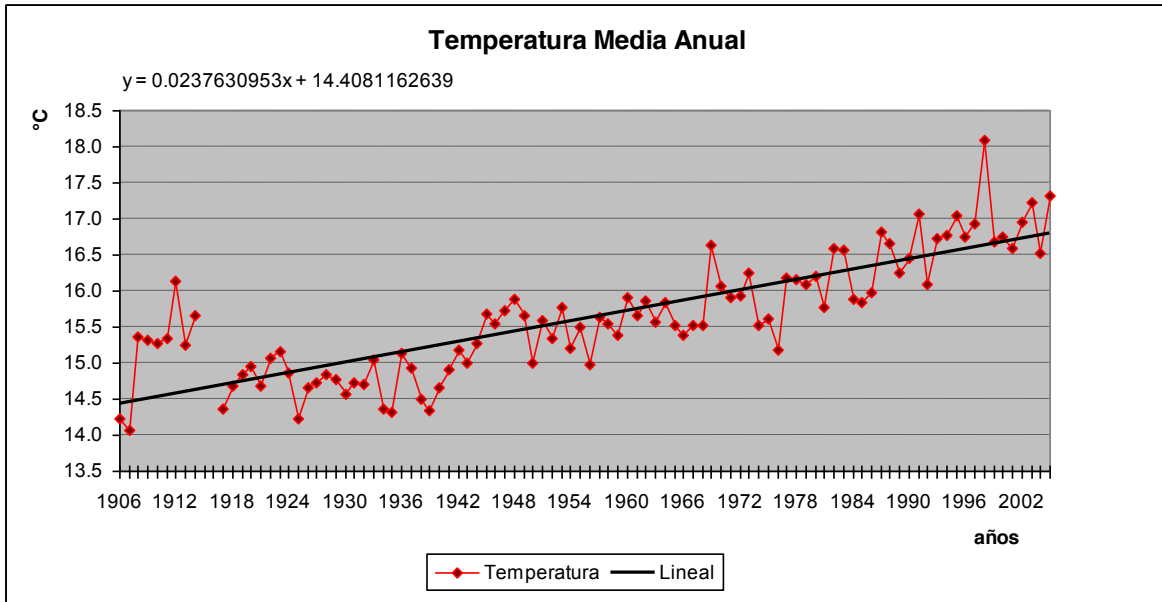


Fig. 42 Tendencia de la temperatura en la Ciudad de México (Tacubaya) en el periodo 1906-2005

Del mismo modo en la ciudad de México (Tacubaya), la tendencia lineal de la precipitación total anual para el mismo periodo (1906-2005) no muestra una variación de 635 mm a 904 mm, es decir un aumento de 269 mm.

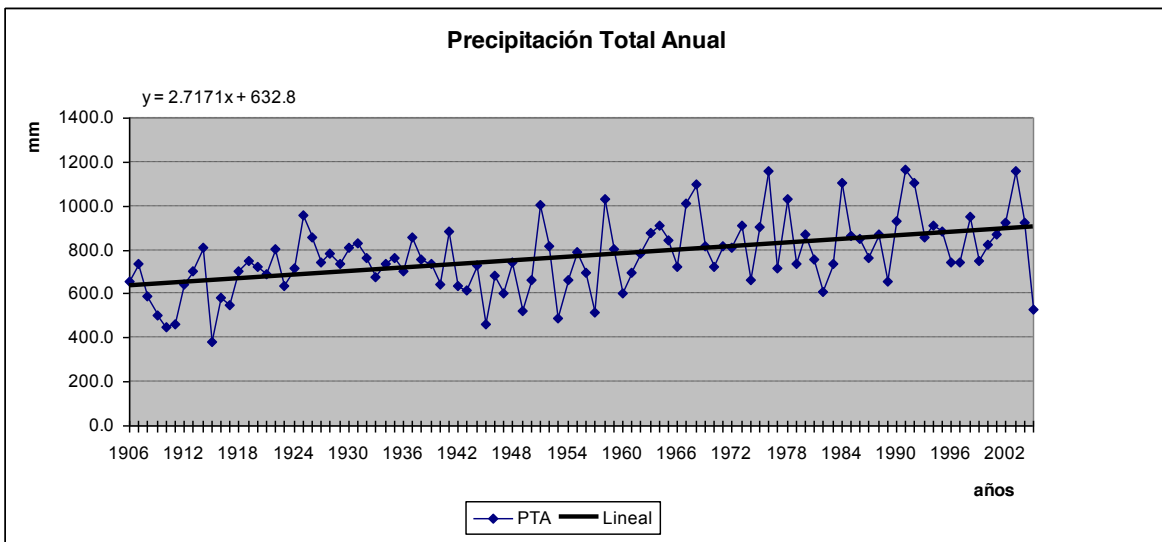


Fig. 43 Tendencia de la precipitación total anual en la Ciudad de México (Tacubaya) en el periodo 1906-2005

Todos estos cambios climáticos tendrán un impacto en el medio ambiente, en los seres vivos, incluyendo al hombre y todas sus actividades. Algunos de los impactos previstos serán:

Agua:

- Problemas de disponibilidad de agua potable y fuertes sequías en algunas regiones del mundo.
- Inundaciones a causa de desbordamientos de presas y ríos en otros lugares vulnerables.
- Inundaciones costeras a causa del incremento del nivel medio del mar.
- Aumento de daños por crecidas, tempestades y huracanes.

Ecológicos:

- Extinción de una gran variedad de especies de plantas y animales, así como la migración de otras muchas especies animales.
- Mayores riesgos de incendios forestales
- Pérdida de humedales costeros

Alimentos:

- Impactos negativos sobre agricultores y pescadores pequeños (de subsistencia)
- Tendencia de disminución de producción de cereales y otros alimentos en algunas zonas.

Salud:

- Problemas de malnutrición, de enfermedades diarreicas, cardiorrespiratorias e infecciosas.
- Mayor morbilidad y mortalidad por olas de calor, sequías y crecidas.
- Cambio en algunos vectores de enfermedades.

Infraestructura:

- Mayores daños en la infraestructura y algunas estructuras en zonas vulnerables a huracanes, tornados e inundaciones.

Energía:

- Algunas zonas aumentarán su consumo de energía con fines de refrigeración o calefacción de los espacios

Ante la problemática por venir, es evidente que los arquitectos deberán estar mejor preparados, diseñando construcciones integradas, en la mayor medida posible, al su medio ambiente y que respondan de manera adecuada a las exigencias climáticas y ambientales. La dinámica de los elementos climáticos y los cambios que se están presentando obligan a estudios más detallados y actualizados que consideren ésta dinámica.

Es por ello que el modelo aquí presentado ayuda a la comprensión del problema global y regional de las variables que, en mayor medida intervienen en el proceso de diseño. Los estudios climáticos, de confort y la definición de estrategias de diseño deberán ser del mismo modo, dinámicos basados en datos actualizados que consideren las tendencias y características particulares de los fenómenos meteorológicos, elementos del clima y las demás variables del medio ambiente.

5.3 Elaboración de Mapas Geográficos.

Paralelamente a la obtención y procesamiento de datos, se elaboró el mapa geográfico de la República Mexicana que serviría de base para el vaciado de información de todos los mapas temáticos desarrollados. Como punto de partida se desarrolló el mapa de ubicación de las 700 estaciones climatológicas utilizadas para la conformación de la base de datos y el mapa de altitudes y de presiones atmosféricas correspondientes.

5.4 Elaboración de Mapas Climáticos

Aunque los parámetros definidos en la base de datos son abundantes, se decidió elaborar únicamente los mapas climáticos más significativos con base en la importancia de información que proporcionan y aquellos que servirían para la elaboración de los mapas temáticos subsecuentes de confort o definición de estrategias. Los mapas climáticos básicos fueron los de presión atmosférica, temperatura, oscilación, humedad y precipitación, además de las interrelación precipitación-temperatura (P/T), porcentaje de precipitación invernal y régimen de lluvias.

5.5 Clasificación y Regionalización Climática

La clasificación climática surge a partir de los datos climáticos de temperatura y precipitación, a demás de los datos relacionados de relación P/T, porcentaje de precipitación invernal y del régimen de lluvias. Esta clasificación es la primera agrupación que caracteriza el comportamiento climático de cada localidad, región y del país en su conjunto. Se decidió incluir el mapa climático de México, según Köppen-García¹⁶⁸ presentado en el “Atlas Nacional de México”¹⁶⁹. Esta decisión de incluir este mapa en lugar de elaborarlo, se debió a que la base de datos del Atlas Nacional de México es de alrededor de 1,700 estaciones climatológicas, lo que le da un grado mucho mayor de precisión en la definición de zonas. Por otro lado es el mapa climático oficial de la República Mexicana. Del mismo modo se incluyó el mapa de “Regiones Climáticas de México” de la Maestra. Rosalía Vidal. Este mapa está basado en el de clasificación climática de Köppen, pero esta sintetizado en 11 regiones que comprenden la totalidad del territorio Nacional.

También se incluyen los mapas de regiones naturales de México, presentado en el Atlas Nacional de México. Estos mapas comprenden: las Regiones Naturales de México, las Provincias Fisiográficas, la Carta de Climas, las Provincias, sub-provincias y discontinuidades Fisiográficas, las Regiones Geográficas, las provincias y regiones Terrestres, las zonas, regiones y sub-regiones del Plan Nacional Hidráulico, Las Comarcas Faunísticas de las Regiones Naturales, Las Regiones Ecológicas, y el Mapa Municipal de México por zonas Ecológicas y el mapa de vegetación de México. De entre ellos se destaca de manera particular el mapa de provincias Fisiográficas.

¹⁶⁸ García, Enriqueta. 1964. *Modificación al sistema de Clasificación Climática de Köppen*. Serie Libros No. 6, 5ª Edición 2004. UNAM, Instituto de Geografía. México, DF.

¹⁶⁹ Atlas Nacional de México. 2007. Tomo II. V. Medio Ambiente. Temperatura Efectiva en la República Mexicana. V.2.2 Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.

5.6 Agrupación Bioclimática

Con base en los mapas climáticos de temperatura del mes más caluroso y el de precipitación total, se elaboró el mapa de Agrupación Bioclimática de acuerdo a la metodología propuesta por Aníbal Figueroa y Víctor Fuentes¹⁷⁰. Como ya se mencionó esta es una propuesta de agrupación que trata de establecer los requerimientos bioclimáticos básicos de manera inicial a partir de los parámetros climáticos más comunes de encontrar. Este mapa define nueve regiones básicas. Con requerimientos de: Enfriamiento y Humidificación, Enfriamiento, Enfriamiento y Deshumidificación; Humidificación, en Confort, Deshumidificación; Calentamiento y Humidificación, Calentamiento y Calentamiento con deshumidificación. Por lo tanto este es el primer mapa que define las Estrategias de diseño bioclimático.

5.7 Mapas de Confort

Los mapas de confort se dividen en tres temas: Mapas de sensaciones térmicas, mapas de confort de acuerdo a modelos fisiológicos y mapas de confort de acuerdo a modelos adaptativos.

5.7.1 Mapas de sensaciones Térmicas.

En estos mapas se incluyen:

Nueva temperatura efectiva (TE*)

La nueva temperatura efectiva se incluyó porque es el parámetro de sensación térmica más usado en la actualidad. Es un parámetro utilizado en América, por ASHRAE, pero también es utilizado en Europa (CIBSE) y en general en todo el mundo.

La temperatura efectiva de Missenard (TE) y Temperatura Efectiva de Landsberg. (TE)

Las temperaturas efectivas de Missenard y Landsberg son unos parámetros de sensación térmica ya viejos y poco utilizados, sin embargo se decidió incluirlo debido a que son la temperatura los utilizados en el Atlas Nacional de México de la UNAM, y aunque ya están mapeados en aquel documento se decidió incluirlos como elemento de comparación con los nuevos parámetros actualmente utilizados.

SET, HSI, DISC, TSENS.

La Temperatura Efectiva Estándar (SET), el Índice de Estrés de Calor (HSI), el Índice de Disconfort (DISC) y el Índice de Sensación térmica (TSENS), son parámetros utilizados por el investigador Richard De Dear en sus estudios de confort y en el reporte ASHRAE RP-884 “Developing an adaptive Model of Thermal Comfort and Preference” de 1997. Se decidió incluirlos como referencia para estudios futuros de personas interesadas en los temas de confort térmico.

5.7.2 Mapas de confort de acuerdo al modelo fisiológico (PMV y PPD)

Aunque existen distintos modelos de confort de corte fisiológico, se decidió incluir únicamente los mapas de acuerdo al modelo de Fanger, es decir el mapa de voto medio pronosticado (PMV) y su correlacionado mapa de porcentaje de insatisfacción pronosticado (PPD). Este es el modelo fisiológico de confort más importante y reconocido a nivel mundial, de hecho es un parámetro de referencia aún para los modelos de tipo adaptativo.

¹⁷⁰ Figueroa, Aníbal y Fuentes F., Víctor. 1991. *Criterios de Adecuación Bioclimática en la Arquitectura*. IMSS, 7300. Instituto Mexicano del Seguro Social. México, DF.

5.7.3 Modelos de Confort de acuerdo a los modelos adaptativos

En cuanto a los modelos adaptativos de confort se tomo la decisión de incluir las propuestas de los autores más significativos que han estado trabajando desde hace tiempo en el desarrollo e implementación amplia de este tipo de modelos.

De tal forma se incluyeron las fórmulas de Humphreys y Nicol, para edificios ventilados naturalmente, para edificios con climatización artificial y para edificios con efecto combinado. Estos mapas son importantes porque hacen esta distinción entre estos tres distintos casos de climatización.

La temperatura neutra de Auliciems, es muy importante porque es ampliamente utilizada de hecho, toda la metodología de diseño bioclimático propuesta por Steven Szokolay se basa en dicha temperatura neutra. En la UAM, Azcapotzalco la temperatura neutra de Auliciems es la que se utiliza en todos los análisis de confort y es el método principal que se enseña en las aulas.

Richard De Dear es uno de los principales investigadores actuales que está influyendo en los nuevos modelos de confort, haciendo estudios a lo largo de todo el mundo y diferenciando las diferentes regiones climáticas, con sus consecuentes repercusiones en la definición de estrategias de diseño, a partir del reporte de ASHRAE RP-884.

También se decidió incluir el modelo propuesto por el investigador mexicano Alfredo Fernández González. Su modelo se basa en el reporte RP-884, centrándose y diferenciando los edificios de oficinas que utilizan ventilación natural. Aunque los estudios de Fernández González no son directamente sobre el caso mexicano, es uno de los investigadores nacionales que ha trabajado más en estudios de confort térmico en las edificaciones, por tal motivo se consideró importante su inclusión en el desarrollo de mapas de confort.

5.8 Mapas de estrategias de Diseño

La definición de mapas y criterios para la determinación de las estrategias de diseño es el objetivo final del modelo de análisis propuesto

Para organizar los mapas de estrategias de diseño se empleó el criterio establecido por Donald Watson y Keneth Labs (1990), es decir definir estrategias de diseño para los períodos con requerimientos de calentamiento y de enfriamiento a partir de los mecanismos de transferencia de calor.

Los mapas de Zona de confort, quedan definidos por todos los modelos de confort analizados previamente, Pero para la definición de estrategias de diseño se hace utiliza la fórmula de temperatura neutra de Auliciems (1981) así como el modelo de graficación sobre la carta psicrométrica que desarrollaron Docherty, M. y Szokolay S. (1999), por lo tanto las zonas que delimitan las estrategias de diseño propuestas se basan en la definición previa de la zona de confort con un rango de confort de ± 2.0 °C.

A partir de esta zona de confort se establecen las estrategias para dos periodos básicos: El período de frío y el de calor.

5.8.1 Período Frío

El período de frío contendrá dos estrategias básicas: Promover las ganancias y Restringir las pérdidas.

- Estrategias para promover ganancias de calor

Calentamiento directo.

Los mapas para definir las regiones con requerimientos de calentamiento se realizan de primero, a partir de los datos de temperatura que quedan por debajo de la zona de confort y analizando el potencial de radiación solar disponible así como la eficiencia que podría tener una construcción para captar almacenar y transmitir dicha radiación.

También se elaboran mapas de requerimientos de calentamiento a partir de los “Grados-día de calentamiento”, graficando los mapas para los meses de enero, junio y para las condiciones anuales.

Calentamiento indirecto

Del mismo modo se elaboraron mapas que evalúan la eficiencia de la masividad en el período invernal, es decir el potencial para la utilización de calentamiento indirecto a través de la masa del edificio.

Calentamiento aislado

El calentamiento solar aislado se define en los mismos términos que el calentamiento directo pero aumentando la eficiencia de la edificación hasta llegar al 80% en lugar del 60% previamente considerado.

- Estrategias para restringir pérdidas de calor

Minimizar la infiltración.

El límite de la infiltración se establece en función de los requerimientos mínimos de renovación de aire para garantizar un aire puro.

Restringir el flujo conductivo

La restricción del flujo conductivo se hace a partir de los límites de masividad de invierno, ya que cuando los materiales no son capaces de responder en la amortiguación térmica, será necesaria la utilización de materiales aislantes que restrinjan el flujo conductivo y con ello las pérdidas de calor.

5.8.2 Período Caluroso

El período de calor contendrá dos estrategias básicas: Restringir las ganancias y Promover las pérdidas.

- Estrategias para restringir ganancias de calor

Los requerimientos de enfriamiento se definen para cualquier período en donde la temperatura ambiente esté por arriba de la zona de confort. Para determinar las regiones con estos requerimientos se distinguieron dos casos: cuando la temperatura máxima sobrepasa la zona de confort o cuando lo hace la temperatura media.

Del mismo modo se determinaron las zonas con requerimientos de enfriamiento a partir de los “Grados-día de enfriamiento”, para enero, junio y para las condiciones anuales.

Restringir las ganancias Solares.

La primera estrategia para restringir las ganancias de calor es el sombreado o control solar.

Minimizar el flujo conductivo de calor

Otra estrategia es el minimizar o regular el flujo conductivo de calor, esto se puede lograr utilizando la masividad de verano o la masividad con ventilación nocturna. Esto se hace a partir del método propuesto por Docherty y Szokolay para definir las zonas de masividad de verano.

Minimizar la infiltración

La infiltración quedará restringida a partir de una temperatura ambiente superior a 36°C, lo cual prácticamente coincide con un PMV superior a 3.5.

- Estrategias para promover pérdidas de calor.

Promover la ventilación natural

La primera estrategia para promover pérdidas de calor es a través de la ventilación natural. La base de datos elaborada no incluye datos de viento (dirección y velocidad) por lo cual no fue posible elaborar ningún mapa con esta estrategia, sin embargo se definen las condiciones necesarias para poder evaluar la potencialidad de esta estrategia a partir de definir los rangos de ventilación en la carta psicrométrica. Así mismo se presenta una gráfica con distintos límites de efectividad de la ventilación para varias temperaturas neutras.

Promover el enfriamiento evaporativo

Este es un parámetro puntual referido a la evaporación promovida por distintos dispositivos diseñados específicamente con esa función (desde espejos de agua hasta distintos sistemas evaporativos), sin embargo se establecen las ecuaciones para su cálculo y los límites de efectividad de esta estrategia.

Promover el enfriamiento radiante (radiativo)

Esta estrategia se obtiene a través del diseño particular de elementos o superficies radiantes de la edificación, por tal motivo es difícil de evaluarlas en términos generales. En esta estrategia se utiliza al cielo nocturno como sumidero de calor, por lo que su efectividad está directamente relacionada con los índices de nubosidad, y en general de la claridad del cielo.

Promover el enfriamiento hacia la tierra.

Esta estrategia se refiere a utilizar a la tierra como “sumidero de calor” es decir aprovechar los flujos conductivos y convectivos para disipar el calor de la construcción hacia la tierra. Esta estrategia puede ser directa, a través del contacto directo de la edificación con la tierra, o indirecta al utilizar ductos para el intercambio de calor. Igualmente son sistemas de la edificación que son muy difíciles de evaluar de manera general a través de mapas.

6

CONCLUSIONES

6. CONCLUSIÓN

6.1 Consideraciones Finales

La arquitectura surge bajo los principios de dar protección y seguridad al hombre frente a las inclemencias y factores ambientales. De tal forma resulta difícil entender una arquitectura desligada de su entorno natural o diseñada sin tenerlo en consideración. Incluso el mismo LeCorbusier iniciador del movimiento “internacional”, se vio en la necesidad de diseñar de manera diferenciada en función de las condiciones climáticas entre sus proyectos en Francia y aquellos que realizó en India.

Cierto es que a lo largo de la historia son innumerables los ejemplos de arquitectura integrada a su entorno natural. Desde la arquitectura nómada, vernácula, o de las grandes culturas de la antigüedad, incluyendo a las prehispánicas, se evidencia la necesidad de adecuación de los espacios a su entorno natural y el uso eficiente de la energía y de los recursos naturales disponibles. Es de esperar que el desarrollo tecnológico constructivo y la utilización de materiales hayan estado del mismo modo vinculado al entorno natural, ya que el hombre utilizó en general los materiales disponibles que tenía a la mano. Es lógico pensar que en las zonas desérticas se construyera con tierra, ya que es el único material accesible. Del mismo modo en las zonas cálidas y húmedas de los trópicos se construyera con los materiales vegetales abundantes en esas zonas, mientras que en un bosque alto la madera sería la mejor opción. Quizá el caso más notorio se da en el Ártico, en donde se utilizan bloques de hielo para encontrar refugio ante las drásticas condiciones climáticas.

Esta lógica natural no se limita únicamente a la utilización de los materiales y sistemas constructivos que ellos mismos condicionan, sino también a los conceptos espaciales y arquitectónicos. La configuración compacta de las zonas frías, la extendida de las zonas húmedas o el esquema de patio cerrado, no son respuestas arbitrarias o dejadas al azar, sino esquemas o pautas marcadas por las mismas condiciones del entorno.

Es el sentido común y la misma naturaleza lo que ha dado al hombre la posibilidad de habitabilidad en las muy diversas zonas climáticas de la Tierra. Este bagaje o “cultura” arquitectónica obtenida de generación en generación a lo largo del tiempo es sumamente valiosa, pero que desafortunadamente se está perdiendo de manera acelerada. Los motivos son diversos y no simples.

Por citar algunos se puede mencionar a la migración y con ello el desarraigo de las costumbres y cultura constructiva. Baste ver los grandes cinturones de miseria alrededor de las grandes ciudades, en donde la ruptura de las tradiciones sociales, constructivas y de habitabilidad se da de manera brusca y casi de manera inmediata. Este fenómeno es muy complejo en donde intervienen una gran cantidad de variables de toda índole, (sociales, económicos, políticos, técnicos, etc.)

La transculturación es otro factor importante que se da en todos los niveles. Cuando se viaja por el sureste de México es impresionante ver como las casas tradicionales con cubierta de palma y “guano” están siendo substituidas por lámina de cartón asfáltico o láminas metálicas. Y aunque también es un problema multifactorial, es notorio como muchos de sus habitantes piensan en haber adquirido un mejor “estatus” o una mejor calidad de vida al haber hecho el cambio de materiales, cuando en realidad ello repercutirá negativamente en su bienestar y patrimonio. Pero esta transculturación también sucede en las grandes urbes y en sectores sociales de todos los niveles. Pareciera ser que no valoramos lo que nos es propio, y tratamos de adquirir o copiar lo que nos es ajeno.

Es evidente que vivimos en un mundo globalizado. Se puede conseguir información de cualquier parte del mundo casi de manera instantánea. Imágenes de los grandes edificios de Dubai, Malasia, China, Australia, o de cualquier país de Europa o América son fácilmente adquiribles y, desde luego, pasan a ser un referente formal para cualquier arquitecto o estudiante de arquitectura, lo cual no es en sí mismo malo. El problema está en que ese referente formal está desvinculado del entorno natural del emplazamiento. La sociedad actual y sus nuevas actividades y dinámica demanda una gran creatividad en la búsqueda de soluciones a las necesidades y requerimientos. Los avances tecnológicos en todas las áreas del conocimiento humano, los nuevos materiales y sistemas constructivos, las nuevas formas de comunicación e interacción entre las personas imponen al arquitecto nuevas soluciones y propuestas espaciales, formales y constructivas. Desde luego no podemos permanecer añorando una arquitectura tradicional o vernácula. Asirse de la enorme cultura arquitectónica que tenemos en México no es simple romanticismo, es aprovechar ese conocimiento milenario para dar solución a los problemas actuales, acordes a las características de la sociedad, idiosincrasia y condicionantes ambientales regionales y locales al emplazamiento del proyecto.

Se puede dar cualquier expresión arquitectónica, espacial, funcional o constructiva, siempre y cuando se satisfagan las necesidades y requerimientos de la sociedad para la cual es creada tomando en consideración su cultura e idiosincrasia, que busque el bienestar y confort de sus habitantes y que propicie su desarrollo integral; que haga un uso eficiente de la energía y los recursos naturales y finalmente que se integre de manera adecuada a su medio ambiente con el menor impacto posible.

La nueva arquitectura demanda muchos conocimientos y la convergencia de muchas disciplinas y especialidades que den solución a una variedad de requerimientos. Sin embargo, dentro de esa complejidad, la arquitectura “bioclimática” es simple si sabemos detenernos a escuchar con atención lo que nos dice la naturaleza, el sitio, el entorno y el clima... Si nos detenemos a escuchar al hombre, a la sociedad, al usuario y a nosotros mismos como individuos y como arquitectos. Si escuchamos al sentido común y tomamos las decisiones de diseño de manera responsable enfocados siempre en los beneficios que podemos ofrecer a través de nuestra profesión.

Desafortunadamente no muchos de los currículos de las universidades del país incluyen los temas relacionados con esta visión de arquitectura basada en la relación con su medio natural, o en ocasiones lo abordan de una manera superficial pero no de manera integrada a los cursos de diseño. Esto ha provocado que muchos de los arquitectos no cuenten con las herramientas metodológicas para abordar esta problemática. Ciertamente el primer requisito para hacer una arquitectura de tipo bioclimático es tener conciencia ambiental o sustentable, es decir estar convencido o al menos creer en los beneficios que se pueden obtener, de la responsabilidad social de nuestra profesión y también de los alcances y limitaciones de lo “bioclimático”. Del mismo modo los usuarios o habitantes de las edificaciones deben conocer y estar de acuerdo con los argumentos que fundamentan los espacios de este tipo. Recordemos que la arquitectura es una manifestación cultural, es el reflejo espacial, no sólo de las funciones o actividades del hombre, sino más allá, de la forma de vida de una sociedad. Es por ello que los arquitectos no podemos hacer algo en lo que no creemos, así como los usuarios no aceptarían espacios que no se armonizan con sus creencias y necesidades.

A partir de este convencimiento lo demás es más fácil porque, aunque no se dominen todos los conocimientos de tipo ambiental, se pueden buscar las herramientas necesarias o a especialistas que ayuden a solucionar los diversos problemas que se pueden presentar. Es en este sentido que el objetivo de esta tesis se ve cumplido, ya que aporta una herramienta básica para el establecimiento de estrategias iniciales de diseño, a partir del conocimiento de la situación climática del territorio nacional.

La principal aportación de este trabajo no es el mapeo de las condiciones climáticas, puesto que existen varios atlas climáticos en donde se pueden encontrar estos datos, sino en el mapeo de las condiciones de confort y en la regionalización bioclimática con la definición de estrategias básicas de diseño. Es decir que cualquier persona, sea estudiante o profesional, pueden encontrar una referencia clara de lo que es conveniente hacer en cada una de las regiones del país aún sin tener amplia experiencia en arquitectura bioclimática. En este sentido la aportación no es en el área de la climatología ni de la cartografía, sino desde el punto de vista arquitectónico a partir de aquellas disciplinas. Ciertamente no hay una profundización en cuanto a “estrategias bioclimáticas” como tales, ya que el objetivo no fue el hacer un tratado de estrategias y sistemas pasivos sino que los alcances fueron limitados a lograr establecer una regionalización bioclimática a través de mapas a escala nacional.

6.2 Conclusiones

El modelo propuesto en esta tesis es la utilización de las herramientas cartográficas para llegar a definir estrategias de diseño arquitectónico. A partir del mapeo y análisis de las variables climáticas y ambientales, llegar a un diagnóstico de los requerimientos de confort y con ello a la definición de estrategias básicas de diseño.

En este sentido los objetivos se consideran alcanzados así como las hipótesis planteadas, ya que si fue posible hacer la regionalización y la definición de estrategias. En cuanto a las preguntas de investigación inicialmente planteadas cabe señalar que desafortunadamente si existe, en muchos casos, carencia de datos climáticos necesarios para los análisis y en muchas ocasiones los datos no son de suficiente calidad para tener total confianza en los resultados obtenidos. De tal forma, ante estas insuficiencias es que fue necesario estimar o calcular por medio de modelos matemáticos algunos de los datos faltantes, por lo que este estudio de mapas temáticos deberá ser ajustado (o depurado) progresivamente en la medida de la disponibilidad de datos y en función de su calidad.

La base de datos utilizada para la elaboración de los mapas la constituyeron 700 ciudades de la república Mexicana. Sin duda este número es suficiente para establecer patrones generales del comportamiento (regional) a nivel nacional, pero la densidad de información geográfica deberá aumentarse para estudios a escala Estatal, Municipal o local. Esto es más evidente en los Estados del norte de la República, ya que si se observa el mapa con la ubicación de ciudades tomadas en la base de datos se notará claramente una mayor densidad de estaciones en la zona central de la República y una mayor dispersión hacia el norte.

Con estas consideraciones es fácil pensar que si bien las estrategias planteadas pueden ser generalizadas a la aplicación regional, será necesario en todo caso considerarlas como punto de partida para las decisiones iniciales de diseño, pero estos mapas no reemplazan de ninguna manera los estudios definidos en la metodología de diseño bioclimático que deben hacerse a detalle para cada localidad. En este caso las estrategias que aportan los mapas generalmente serán confirmadas por aquellos, sin embargo debido al grado de precisión propia de la generación cartográfica y a la base de datos utilizada será conveniente verificarlas y validarlas.

Es conocido por los especialistas en bioclimática que la definición de estrategias y conceptos de diseño no se da de manera clara a partir de un único estudio, sino a través de la utilización de distintos métodos de aproximación que se van sumando y validando entre ellos hasta poder establecer de manera clara las estrategias y dar más certeza a las decisiones de diseño tomadas.

Esto es fácil de entender si pensamos en que podríamos definir las estrategias y conceptos de diseño simplemente utilizando las tablas de Mahoney o únicamente con la carta bioclimática de Olgyay. Todos nos hemos enfrentado a la necesidad de elaborar todas las tablas, carta y nomogramas que establece la metodología y las hemos confrontado para validar sus resultados, del mismo modo que tenemos que hacer varios cálculos de aproximación para entender el comportamiento térmico de los materiales, sistemas y de la edificación en su conjunto. Además existen otras variables de requerimientos arquitectónicos que en ocasiones no corresponden al perfecto funcionamiento climático arquitectónico, pero que no podemos dejara de lado. El ejemplo clásico de ello es el diseño de una casa en la ciudad de Acapulco, Guerrero, con clima cálido húmedo, en donde con seguridad los estudios climáticos nos dirán que la peor orientación por cuestiones de ganancia térmica es el Oeste; sin embargo nuestro diseño no puede negar esta orientación ya que la vista del océano es la premisa fundamental del diseño. Cómo compensar esta orientación desfavorable será sin duda la principal labor del arquitecto.

La consulta de los mapas climáticos, y los mapas que a partir de ellos se generan, como son los mapas de confort y de estrategias de diseño, forma pues, parte de una metodología amplia, sin embargo su aportación se acrecienta precisamente por la carencia de datos, ya que los arquitectos nos enfrentamos frecuentemente a falta de información climática cuando se trabaja fuera de las grandes urbes del país. En estos casos, por interpolación, los mapas podrán aportar información con cierto grado de confiabilidad para establecer los criterios básicos de diseño.

El análisis climático que generalmente realizamos los arquitectos se basa en los datos obtenidos del observatorio meteorológico o estación climatológica de la ciudad en estudio, dando por hecho la validez de esos datos para el sitio del proyecto. Sin embargo eso no siempre es correcto. Ya sea debido a variantes orográficas, accidentes topográficos, diferencias de altitud, la presencia de masas de agua o masas vegetales, o las mismas condiciones urbanas y sus islas de calor, pueden presentarse variaciones importantes entre las condiciones presentadas en la estación climatológica y el sitio del proyecto. Esto resulta claro si pensamos en utilizar los datos climáticos del observatorio de Tacubaya para hacer un proyecto en el Ajusco, en la colonia Guerrero o en Ciudad Natzahualcoyotl.

La utilización de mapas como auxiliar en el análisis climático nos es de gran ayuda para entender mejor el comportamiento climático-ambiental a nivel regional y por lo tanto nos apoyará en la toma de decisiones para un sitio en particular.

Con base en los mapas climáticos, se elaboraron una gran cantidad de mapas de confort utilizando diversos métodos y fórmulas propuestas por reconocidos investigadores. Todos ellos pueden analizarse individualmente o compararse sus resultados entre sí. Se trató de abrir el abanico de opciones de acuerdo a las tendencias actuales en el campo del confort. Desafortunadamente en México no se han realizado estudios amplios que permitan establecer fórmulas de confort específicas. Mientras esto sucede, quizá la recomendación sería adoptar el modelo de análisis con el que más nos identifiquemos, y lo usemos en todos los casos para que los resultados sean congruentes entre sí.

Los mapas de estrategias de diseño son sin duda el resultado más importante de este estudio ya que nos ofrece una visión general de lo que se debe hacer en cada región del país. Como ya se mencionó, el único problema que se presenta es el de la escala. Si bien se visualiza la República Mexicana en su totalidad, en casos particulares será necesario generar mapas a nivel regional, estatal, municipal o local para tener un grado de precisión más alto. No obstante, la aportación que se logra con la presentación de estos mapas es importante, ya que ofrece a los estudiantes, arquitectos e investigadores, una herramienta práctica para la toma de decisiones de diseño.

6.3 Aportaciones de la Tesis

6.3.1 El modelo de análisis para la definición de estrategias de diseño bioclimático

La principal aportación es el modelo de análisis bioclimático que rescata las herramientas cartográficas no sólo para la elaboración de mapas temáticos de clima, sino para establecer regionalizaciones en términos de los requerimientos de confort y sobre todo para la definición de estrategias de diseño bioclimático.

Si bien las disciplinas geográficas, y climatológicas, se han encargado de la elaboración de mapas temáticos de las variables del clima y algunos investigadores como el Ing. Jáuregui y el Dr. David Morillón, han elaborado algunos mapas de sensaciones térmicas y de confort, el presente trabajo abunda en diferentes modelos para la evaluación de las sensaciones térmicas y de confort y sobre todo, establece un modelo que utiliza todos estos mapas para la definición de estrategias básicas de diseño bioclimático.

6.3.2 Base de datos bioclimáticos

Se presenta de manera abierta una base de datos de 700 ciudades de la república mexicana con las principales variables climáticas, de sensación térmica y de requerimientos confort. Todos los arquitectos, cuando tenemos la necesidad de hacer algún análisis climático nos hemos enfrentado a la dificultad de conseguir la información básica necesaria, algunas veces por la carencia de datos, otras por lo engoroso del procesamiento de los datos disponibles y algunas otras por la poca confiabilidad de los datos conseguidos.

La definición climática se desarrolló a partir de sistema de clasificación oficial (167open-García

En este trabajo se tuvo especial cuidado en la obtención, captura y procesamiento de los datos conseguidos. Los datos carentes se estimaron mediante modelos matemáticos reconocidos que aportan un aceptable rango de confiabilidad.

Los datos de variables fisiológicas y de sensación térmica fueron calculados a través de los más actuales modelos matemáticos utilizados y aceptados a nivel internacional (Richard De Dear).

Los datos de confort se determinaron utilizando los modelos fisiológicos y adaptativos que han propuesto los investigadores más reconocidos a nivel internacional.

6.3.3 Regionalización bioclimática

Se elaboraron los mapas básicos para establecer la regionalización bioclimática de la República Mexicana, desde el punto de vista de requerimientos de confort como de estrategias básicas de diseño bioclimático.

Cualquier persona, aunque no esté involucrada con la temática de la arquitectura bioclimática puede consultar los mapas para determinar los requerimientos de confort y las estrategias básicas de diseño para una región en particular de la República Mexicana.

A partir del trabajo presentado se puede elaborar un “Atlas Bioclimático de la República Mexicana” que incluya una gran variedad de información y mapas temáticos de clima de sensaciones térmicas, de confort y de estrategias de diseño, que sirvan de referencia a todos los estudiantes, investigadores y profesionistas con interés en la arquitectura bioclimática.

6.3.4 Referencias bibliográficas

Se hizo una amplia revisión bibliográfica que podrá servir de referencia para estudios temáticos particulares. En particular se abre el campo de los estudios de biometeorología desarrollados por un amplio número de investigadores.

La Arquitectura Bioclimática, requiere de la aportación interdisciplinaria de muchas otras áreas de estudio. Sin embargo considero que los estudios de biometeorología no han sido aprovechados ni explotados suficientemente. Esta disciplina y las metodologías y modelos de análisis que utiliza pueden ser de gran utilidad en el área de la arquitectura y el diseño bioclimático.

7

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, Wladimir. 1976. *Vivienda y Clima*. Ediciones Nueva Visión. Buenos Aires, Argentina
- Andrade, H. 1998 Summer thermal discomfort in Lisbon. Proceedings of the IGU Commission of Climatology. Évora, Portugal.
- Angulo-Córdoba, Muñoz-Orozco y Barradas-Miranda. 2004 Estudio del Bioclima Humano en dieciséis localidades del Estado de Tabasco mediante el índice de confort Temperatura efectiva. Universidad y Ciencia. Vol. 20, No. 40 Dic, 2004. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tabasco, México.
- Anuario del Observatorio Astronómico Nacional 2007*, UNAM, Instituto de Astronomía. D.F., México.
- Arens, Edward., et al. 1980. 'A New Bioclimatic Chart for Environmental Design', En: *Proceedings of Building Energy Management Conference (ICBEM)*, Provoa de Varzim. Pergamon Press. New York, USA.
- Arens, Edward and Gonzalez, R. 1986. *Thermal Comfort under and Extended Range of Environmental Conditions*. Centre for the Built Environment. University of California, Berkeley. ASHRAE Transactions 1986. Vol. 92 Part 1B. California, USA.
- A.S.H.R.A.E. 2001, *Handbook Fundamentals 2001*. American Society of Heating Air Conditioning Engineers Inc. Atlanta, USA.
- A.S.H.R.A.E. Standard 55P, 2003. *Thermal Environmental Condition for Human Occupancy*. American Society of Heating Air Conditioning Engineers Inc. Atlanta USA.
- Atlas Nacional de México. 2007 Tomo II. V. Medio Ambiente. Temperatura Efectiva en la República Mexicana. V.2.2 Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Auliciems, A. 1969. *Effects of Weather on Indoor Thermal Comfort*. International Journal of Biometeorology. Publisher Springer Berlin / Heidelberg. vol. 13. number 2. pp 147-162. Berlin, Germany.
- Auliciems, A. 1981. *Towards a Psycho-Physiological Model of Thermal Perception*. International Journal of Biometeorology. Publisher Springer Berlin / Heidelberg. Vol. 25. Number 2. pp 109-122. Berlin, Germany.
- Aynsley, Richard and Gulson, Lesley. 1999. *Microclimate and Urban Planning in the Humid Tropics*. RAPI 27th National Congress. (Royal Australian Planning Institute Congress 1999). Darwin, Australia.
- Banham, Reyner. 1975. *La arquitectura del entorno bien climatizado*. Ediciones Infinito. Buenos Aires, Argentina.
- Barry, R.G. 1968. *Atmosphere, Weather and Climate*. Mathuen. London, UK (Traducción al español Barcelona España: Editorial Omega)
- Battan, Louis J. 1979. *Fundamentals of Meteorology*. Prentice Hall Inc. New Jersey, USA
- Bauer, B. 1998. Impact of Urban Microclimates on Human-biometeorological Conditions. Proceedings of the AAG 94th Annual Meeting, Boston, USA.
- Bazant, Jan. 1988. *Manual de Criterios de Diseño Urbano*.: Editorial Trillas. México, DF.
- Behling, Sophia. 1996. *Sol Power – The evolution of Solar Architecture*. Prestel Munich, Germany.

- Belding, H.S. & Hatch, T.F. 1955. Index for evaluating heat stress in terms of resulting physiological strains. American Journal: Heating, Piping and Air Conditioning, Vol. 27 8pp 129-136. Ohio, USA.
- Bertran de Q. Miguel. 1982. *Con el Sol en la Mano*. UNAM. México, DF.
- Bowen, Arthur. 1984. 'Design Guidelines on Vertical Airflow in Buildings and Urban Areas', En: *Proceedings of PLEA-84 – México*. Pergamon Press. New York, USA.
- Bowen, Arthur. 1978. *Wind Environments in Buildings and Urban Areas*. Department of Architecture and Planning University of Miami, Coral Gables. Florida, USA.
- Bras, Rafael. 1990. *Hydrology, An Introduction to Hydrologic Science*. Addison-Wesley Publishing Co. New York, USA.
- Brasseur, Guy, et al. 1999. *Atmospheric Chemistry and Global Change*. Oxford University Press. Oxford, England.
- Buck, Charles. 1970. *Fire Weather, Agriculture Handbook 360*. Department of Agriculture - Forest Service. USA.
- Bustos Romero, Marta. 2001a. *Arquitetura Bioclimática do Espaço Público*. Coleção Arquitetura Urbanismo. Editora Universidade de Brasília. Brasília, Brazil.
- Bustos Romero, Marta. 2001b. *Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano*. 2ª edição. ProEditores. São Paulo, Brazil.
- Canet, J.; Pérez Cueva, A. J. 1998. Análisis del Confort Climático en Valencia. (Analysis of the climatic comfort in Valencia, Spain). *Clima y Ambiente Urbano en Ciudades Ibéricas e Iberoamericanas*, Parteluz, 343-356. Madrid, España.
- Carrascal Galindo, Irma Eurosia. 2007. *Metodología para el Análisis e Interpretación de los Mapas*. Temas Selectos de Geografía de México. III.5 Métodos y técnicas para el Estudio del Territorio. Instituto de Geografía, UNAM. México, D.F.
- CIBSE. 1999. *Environmental Design, CIBSE guide A*. The Chartered Institution of Building Services Engineers. London, UK.
- Colin Childs. 2004. Interpolating Surfaces in Arc GIS Spatial Analyst. ESRI Education Services. ArcUser. July-September. 2004 p.32. New York. USA.
- De Anda, Manuel. 1981. *Cálculo Térmico*. Asociación Mexicana de Empresas del Ramo de Instalaciones para la Construcción, A,C. México, DF
- De Dear, Richard, Schiller, Gail and Cooper, Donna. 1997. Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference. ASHRAE RP 884. "Results of Cooperative Research between the American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc., and Macquarie Research, Ltd." Sydney, Australia.
- De Dear, Richard. 1999. *Adaptive Thermal Comfort in Natural and Hybrid Ventilation*. First International Forum on Natural and Hybrid Ventilation. HybVent Forum'99. International Energy Agency. Sydney, Australia.
- De Dear, Richard and Shiller, Gail. 2001. *The adaptive model of thermal comfort and energy conservation in the built environment*. International Journal of Biometeorology. Publisher Springer Berlin / Heidelberg. vol. 45. pp 100-108. Berlin, Germany.

- Evans, B.H. 1957. *Research Report 59*. Texas Engineering Station, College Station, Texas. USA.
- Evans, Martin. 1967. *Housing, Climate and Comfort*. The Architectural Press. London, UK.
- Evans, Martin. 2000. 'Técnicas Bioclimáticas de Diseño: Las tablas de confort y los Triángulos de confort'. En: *Memorias de COTEDI 2000 (conferencia Internacional sobre Confort y Comportamiento Térmico de Edificaciones)* Maracaibo, Venezuela.
- Evans, Martin et al. 2001. *Ambiente y Ciudad*. Serie Difusión 15. Centro de Investigación Hábitat y Energía. Secretaría de Investigación en Ciencia y Técnica. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo – Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.
- Fanger, P.O. 1972. *Thermal Comfort*. McGraw Hill, New York, USA.
- Fernández-González, Alfredo. 2003 Historia de los Índices de confort térmico. *Estudios de Arquitectura Bioclimática Anuario 2003* Vol. V. Editorial Limusa UAM. Compilador Manuel Rodríguez Viqueira. México, D.F.
- Fernández-González, Alfredo. 1999. *New Thermal Comfort Index for Naturally Ventilated Office Buildings*. Eugene: Thesis for Master degree, Oregon University. Oregon, USA.
- Ferreiro L. Héctor. 1985. *Geometría Solar (Apuntes)*. Universidad Iberoamericana. México, DF.
- Figueroa, Aníbal y Fuentes F., Víctor. 1991. *Criterios de Adecuación Bioclimática en la Arquitectura*. IMSS, 7300. Instituto Mexicano del Seguro Social. México, DF.
- Fuentes F., Víctor y Rodríguez V., Manuel. 1997. *Hacia una Metodología de Diseño Bioclimático*. Universidad Autónoma Metropolitana – Azcapotzalco. México, DF.
- Fuentes F., Víctor. 2002. *Metodología de Diseño Bioclimático –El Análisis Climático*. (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma Metropolitana – Azcapotzalco. México, DF.
- Fuentes F., Víctor. 2004. *Clima y Arquitectura*. Universidad Autónoma Metropolitana - Azcapotzalco. México, DF.
- Gagge, A.P. J. Stolwijk, and Y. Nishi. 1971. An effective Temperature scale based on a simple model of human physiological regulatory response. *ASHRAE Transactions* 77 (1) 247-62. Atlanta, USA
- Galindo, I., Castro, S. and Valdes, M. 1991. *Satellite derived Solar Irradiance over Mexico*. *Atmósfera* Vol. 4 Instituto de Geografía UNAM. pp. 189-201 México, D.F.
- García, Enriqueta y Vidal, Rosalía. 1983. *Manejo Gráfico de la Información Climática*. Primer Congreso Interno del Instituto de Geografía. Instituto de Geografía de la UNAM. pp. 1-12. México. D.F.
- García, Enriqueta, Hernández, M.E. Cardoso, M.D. 1983. 'Las Gráficas Ombrotérmicas y los Regímenes Pluviométricos en la República Mexicana'. En: *IX Congreso Nacional de Geografía*. Guadalajara, México: Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística. México, D.F.
- García, Enriqueta. 1986. *Apuntes de climatología*. Talleres Larios. México, DF.
- García, Enriqueta. 2003. *Distribución de la Precipitación en la República Mexicana*. Investigaciones Geográficas, Instituto de Geografía, UNAM. No. 50 pp. 67-76. México, D.F.
- García, Enriqueta. 1964. *Modificación al sistema de Clasificación Climática de Köppen*. Serie Libros No. 6, 5ª Edición 2004. UNAM, Instituto de Geografía. México, DF.

- García, Roberto y Fuentes F., Víctor. 1995a. *Arquitectura y Medio Ambiente en la Ciudad de México*. Universidad Autónoma Metropolitana - Azcapotzalco. México, DF.
- García, Roberto y Fuentes F., Víctor. 1995b. *Viento y Arquitectura*. Editorial Trillas. México, DF.
- Givoni, Baruch. 1981. *Man, Climate and Architecture*. Van Nostrand Reinhold. New York, USA.
- Givoni, Baruch. 1994. *Passive and Low Energy Cooling of Buildings*. John Willey and Sons, Inc. New York, USA.
- Givoni, Baruch. 1999. *Climate Considerations in Building and Urban Design*. John Willey and Sons, Inc. New York, USA.
- Gómez Escobar, María del Consuelo. 2004. *Métodos y Técnicas de la Cartografía Temática*. Temas Selectos de Geografía de México. III.4 Métodos y técnicas para el Estudio del Territorio. Instituto de Geografía, UNAM. México, D.F.
- Gonzalez, R. Nishi, Y and Gagge, A. 1974. *Experimental evaluation of Standard Effective Temperature a New Biometeorological Index of Man's Thermal Discomfort*. International Journal of Biometeorology. Publisher Springer Berlin / Heidelberg. vol. 18. number 1. pp 1-15. Berlin, Germany.
- Gregorczyk M. and Cena K. 1967. *Distribution of Effective Temperature over the Surface of the Earth*. International Journal of Biometeorology. Publisher Springer Berlin / Heidelberg. vol. 11. number 2. p145-149. Berlin, Germany.
- Guy P. Brasseur, John J. Orlando and Geoffrey S. Tyndall. 1999. *Atmospheric Chemistry and Global Change*. -National Center for Atmospheric Research. Colorado. Oxford University Press, Colorado, USA.
- Heberden, W. An Account of the Heat of July, 1825; together with Some Remarks Upon Sensible Cold. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Vol. 116, U.K. 1826, pp. 69-74 London, U.K.
- Herzog, Thomas. 1996. *Solar Energy in Architecture and Urban Planning*. Prestel. Munich, Germany.
- Höppe, Peter. (1999) *The Physiological equivalent temperature PET. An universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment*. International Journal of Biometeorology. Publisher Springer Berlin / Heidelberg. vol. 43. number 2. pp 71-75. Berlin, Germany.
- Höppe, Peter. (2002). *Different Aspects of Assessing indoor and out door Thermal Comfort*. Energy and Buildings 34. Elsevier. p. 661 – 665. Amsterdam, Holland.
- Houghten, F.C and Yagloglou, C.P. 1923. Determination of Comfort Zone. Transactions of American Society of Heating and Ventilation Engineers. ASHVE Vol. 29. USA.
- Humphreys M. and Fergus Nicol. 1998. Understanding the Adaptive Approach to Thermal Comfort. ASHRAE Transactions 104 (1b) 991-1004 California, USA.
- INEGI, SPP. s/f. *Cartas del Territorio Nacional y Síntesis Geográficas de los Estados*. México, DF.
- INEGI, SPP. 1980. *Sistema Geodésico de Referencia*. México, DF.
- Iqbal, Muhammad. 1983. *An introduction to Solar Radiation*. Academic Press. New York, USA.
- Izard, Jean-Louis & Guyot, Alain. 1980. *Arquitectura Bioclimática*. Gustavo Gili. Barcelona, España.

- Jaewook, L. & Strand, R. 2001. An analysis of the effect of the building envelope on thermal comfort using the EnergyPlus program. University of Illinois, School of architecture. Illinois, USA.
- Jáuregui, E. and Soto, C. 1967. *Wet-Bulb Temperature and Discomfort Index Areal Distribution in Mexico*. International Journal of Biometeorology. Vol. 11. No. 1. pp 21-29. Publisher Springer Berlin / Heidelberg. Berlin, Germany.
- Jáuregui, Ernesto. 1992. *Aspects of monitoring local/ regional climate change in a tropical region*. Revista Atmósfera, Vol. 5, Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Jáuregui, E., Romales, E. 1996. Urban effects on convective precipitation in Mexico City. Atmospheric Environment, 30(20): 3383-3389. Oxford, England.
- Jáuregui, Ernesto. 1997a. 'The last Ms for 40th anniversary issue. Aspects of Urban Human Biometeorology'. *International Journal of Biometeorology*, Vol. 40 No. 1. pp. 58-61. Springer Berlin / Heidelberg. February. Berlin, Germany.
- Jáuregui, Ernesto, Tejeda, Adalberto. & Cervantes, Juan, .1997b. 'Bioclimatic Conditions in Mexico City - an assessment' *International Journal of Biometeorology*, Vol. 40 No. 3. pp. 166-177 Springer Berlin / Heidelberg. May. Berlin, Germany.
- Jáuregui, E. 1997c. Heat island development in Mexico City. *Atmospheric Environment*, Oxford, England. 31(22): 3821-3831.
- Jáuregui, E.; Tejeda, A. 1997d. Urban-rural humidity contrasts in Mexico City. *International Journal of Climatology*, Chichester, UK. 17(2): 187-196.
- Jáuregui, Ernesto & Elda Luyando. 1998. *Long-term association between pan evaporation and the urban heat island In Mexico City*. Revista Atmósfera, Vol. 11, 1998 Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Jáuregui, Ernesto. 1999. Bibliography on Urban and Building Climatology. Period 1996-1998 WMO Rapporteur on Urban/Building Climatology. Centro de Ciencias Atmosféricas, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Jáuregui, Ernesto & Tejeda Adalberto. 2001. *A scenario of human thermal comfort in Mexico City for 2CO₂ conditions*. Revista Atmósfera, Vol. 14, 2001 Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Jáuregui, Ernesto. 2004. 'Contrastes Bioclimáticos entre el mar y la montaña en la zona central del Estado de Veracruz, México'. *El clima entre el mar y la tierra*. Serie A. No. 4. Asociación Española de Climatología y Universidad de Cantabria. Santander, España.
- Jáuregui, Ernesto. 2005. Possible impact of urbanization on the thermal climate of some large cities in Mexico, *Revista Atmósfera*, Vol. 18, No. 004, Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Kenedy, Melita and Kopp Steve. 2000. Understanding Map Projections. GIS by ESRI (environmental Systems Research Institute, Inc.). New York, USA.
- Koenigsberger, et al. 1977. *Viviendas y Edificaciones en Zonas Cálidas y Tropicales*. Editorial Paraninfo. Madrid, España.

- Labs, Kenneth & Watson, Donald. 1981. Regional Suitability of Earth Tempering. in Earth Shelter Performance and Evaluation. L.L. Boyer. Proceedings of the 2nd. National Technical Conference on Earth Sheltered Building Tulsa, Oklahoma, Oct. Oklahoma State University. Oklahoma, USA.
- Lacomba Ruth., et al. 1990. *Manual de Arquitectura Solar*. Editorial Trillas. México, DF.
- Leyva C. Armando. 1986. 'Principios Físicos de la Radiación Solar'. En: Memorias del curso de actualización en energía solar 1986. Temixco, Laboratorio de Energía Solar del IIM de la UNAM, Morelos, México.
- Linsley, Ray. 1982. *Hydrology for Engineers*. McGraw-Hill, Inc. New York, USA.
- López de Llergo, Rita. 2003. *Principales Rasgos Geográficos de la República Mexicana*. Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía. UNAM. No. 50. pp. 26-41. México, D.F.
- Matzarakis, A. and Mayer, H. 2000. *Atmospheric Conditions and Human Thermal Comfort in Urban Areas*. En: 11th Seminar on Environmental Protection, Environmental and Health. pp 155-166 Thessaloniki, Greece.
- McCoy Hill and Kevin Johnston. 2001. Using ArcGIS Spatial Analyst. ArcGIS-ESRI. New York USA.
- McHarg, Ian. Design with Nature. 1969. Natural History Press- Garden City. New York, USA. (primera edición castellana: Proyectar con la Naturaleza. Editorial Gustavo Gili. Barcelona, España, 2000)
- Mehdi N. Bahadori. 1978. *Sistemas pasivos de refrigeración en la arquitectura iraní*. Investigación y Ciencia, Edición en español de Scientific American. Abril 1978. Barcelona, España
- Missenard, Andre. 1937. *L'Homme et le climat*. Eyrolles, Paris, France.
- Morillón, David. 1993. *Bioclimática - Sistemas Pasivos de Climatización*. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México.
- Morillón, David. 2004. *Atlas del Bioclima de México*. Serie Investigación y Desarrollo SID/644 Oct. 2004 Instituto de Ingeniería, UNAM. México, D.F.
- Nishi, Y and Gagge, A.P. 1977. Effective temperature scale useful for hypo and hyperbaric environments. Aviation, Space and Environment Medicine (ASEM) Feb. Vol. 48-2 pp. 97-107
- Normales Climatológicas 1951-1980 y 1961-1990. Dirección General del Servicio Meteorológico Nacional. Comisión Nacional del Agua. México, D.F.
- Olesen, B.W. & Brager, G.S. 2004. A Better Way to Predict Comfort: New ASHRAE Standard 55-2004. Center for the Built Environment, University of California, Berkeley. USA.
- Olgyay, Aladar & Olgyay, Victor. 1963. *Solar Control and Shading Devices*. Princeton University Press. Princeton USA.
- Olgyay, Victor. 1963. *Design with Climate*. Princeton University Press. Princeton, USA.
- Olgyay, Victor. 1967. *Bioclimatic Orientation Method for Buildings*. International Journal of Biometeorology. Vol. 11. No. 2. pp 163-173. Publisher Springer Berlin / Heidelberg. Berlin, Germany.
- Oliver, John E. 1973. *Climate and Man's Environment. An introduction to Applied Climatology*. John Wiley & Sons, Inc. New York, US.

- Orellana, Roger y Vidal, Rosalía. 2005. *Enriqueta García, Antología*. Instituto de Geografía UNAM y CICY. México, D.F.
- Ortiz, María Inés y Vidal, Rosalía. 2006. *Población expuesta a inviernos fríos en México*. Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía. UNAM. No. 59. pp. 93-112. México, D.F.
- Park, Jack. 1981. *The Wind Power Book*. Cheshire Books. Palo Alto, California, USA.
- Parsons, Ken. 2003. *Human Thermal Environments*. CRC Press. 2nd. Edition. London. U.K.
- Pérez P. Jorge. 1984. 'El Sol nuestra estrella', *Información Científica y Tecnológica*. Mayo 1984 Vol. 6 No. 92 Instituto de geografía de la UNAM. México, D.F.
- Puppo, Ernesto y Puppo, Giorgio. 1972. *Acondicionamiento Natural y Arquitectura*. Marcombo Boixareu Editores. Barcelona, España.
- Ramón, F. 1980. *Ropa, Sudor y Arquitectura*. Editorial Blume, Barcelona, España.
- Riábchikov, A.M. 1976. *Estructura y Dinámica de la Esfera Geográfica*.: Editorial Mir. URSS
- Roberts, Erica. 2004. Providing the basis for developing energy efficient housing design tools though the use of diurnal temperature swing and the difference between indoor and outdoor temperatures. Proceedings SB'04 Sustainable Building for Africa,. SB015. CIB. África
- Rodríguez V. Manuel. 1995. Temas Selectos I. Apuntes del curso de especialización en Arquitectura Bioclimática. UAM-A. México. DF.
- Rodríguez V. Manuel, et al. 2001. *Introducción a la Arquitectura Bioclimática*. Editorial Limusa SA de CV. México, DF.
- Rohles, F. H. Hayter, R.B. & Milliken, G. 1975. Effective temperature (ET*) as a predictor of thermal comfort. ASHRAE Transactions, Vol. 81. Part II. pp 148-156. Atlanta, USA.
- Roriz, M. E. Ghisi and R. Lamberts. 1999. Bioclimatic Zoning of Brazil – A proposal based on the Givoni and Mahoney Methods. PLEA 1999 Proceedings of the 16th International Conference. Sept. 1999. Brisbane, Australia.
- Ruano, Miguel. 1999. *Ecourbanismo – Entornos Humanos sostenibles*. Editorial Gustavo Gili. Barcelona, España.
- Rushton, Gerard & Marc P. Armstrong. 1997. *Improving Public Health through Geographical Information Systems*. An Instructional Guide to Major Concepts and Their Implementation. Web Version 1.0 Universidad of Iowa. Iowa, USA
- Saldaña, Ricardo. 2001. 'Energía Eólica'. *Notas del curso ANES 2001*. Asociación Nacional de Energía Solar. San Luís Potosí, México.
- Santamouris, M & Asimakopoulous, D. 1996. *Passive Cooling of Buildings*. James & James. London, UK.
- S.A.R.H. 1976. *Atlas del Agua de la República Mexicana*. S.A.R.H. México DF.
- Schjetnan, Mario, et al. 1984. *Principios de Diseño Urbano Ambiental*. Editorial Concepto, S.A. México, DF.
- S.M.N.1976. *Normales Climatológicas*. Dirección General de Geografía y Meteorología. Servicio Meteorológico Nacional. México, DF.

- Strahler, Arthur N. 1983. *Modern Physical Geography*. 2ed. Willey and Sons. New York. USA.
- Svensson, Marie K., Torzón, Sofia and Lindqvist, Sven. 2003. A geographical information system model for creating bioclimatic maps - examples from a high, mid-latitude city. *International Journal of Biometeorology*. Vol. 47, No. 2 March 2003. p 102-112 Berlin, Germany.
- Szokolay, Steven. 1978. *Energía Solar y Edificación*. Editorial Blume. Barcelona, España.
- Szokolay, Steven. 1980. *Environmental Science Handbook*. Ed. The Construction Press, Ltd. Lancaster, England.
- Szokolay, Steven. 1984a. 'Passive and low energy design for thermal and visual comfort'. *Proceedings of the International Conference on Passive and Low Energy*. Ecotechniques applied to housing (PLEA 84) Mexico. Pergamon Press. New York. USA.
- Szokolay, Steven. 1984b. 'Energetics in Design' – *Passive and low design for thermal and visual comfort*. University of Queensland. Queensland, Australia.
- Szokolay, Steven. 1996. *Solar Geometry*. PLEA & University of Queensland. Queensland, Australia.
- Szokolay, Steven & Andris Auliciems. 1997. *Thermal Comfort*. PLEA & University of Queensland. Queensland, Australia.
- Szokolay, Steven & Michael Docherty. 1999. *Climate Analysis*.: PLEA & University of Queensland, Queensland, Australia.
- Szokolay, Steven. 2004. *Introduction to Architectural Science: The Basis of Sustainable Design*. Elsevier-Architectural Press. Oxford, Great Britain
- Tahoria Cortés, Manuel. 1981. *Tiempo y Clima*. Salvat Editores, S.A. Madrid, España.
- Tejeda, Adalberto. *Programa de cálculo de la Humedad Relativa*. (Excel) Universidad Veracruzana, Jalapa. Veracruz, México.
- Tejeda, Adalberto y Rivas, David. 2003. El bioclima humano en urbes del sur de México para condiciones de duplicación de CO₂ atmosférico. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía UNAM* No. 51, p 37-52 México, D.F.
- Terjung, W. H. 1968. *World Patterns of the Distribution of the Monthly Comfort Index*. *International Journal of Biometeorology*. Publisher Springer Berlin / Heidelberg. vol. 12. number 2. pp 119-151. Berlin, Germany.
- Terjung, Werner. 1967. *Annual Physiclimatic Stress and Regimes in the United States*. *Geographical Review*, Vol. 57, No. 2. pp 225-240 USA.
- Terjung, Werner. 1966. *Physiologic Climates of the Conterminous United States: A Bioclimatic Classification Based on Man*. *Annals of the Association of American Geographers*, Vol. 56, No. 1, pp 141-179. USA.
- Terjung, Werner. 1976. *Climatology for Geographers*. *Annals of the Association of American Geographers*, Vol. 66, No. 2, pp 199-222. USA.
- The European Commission. 1999. *A Green Vitruvius – Principles and Practice of Sustainable Architectural Design*. James and James. London, UK.
- Tratados Hipocráticos. 1986. *Sobre los Aires, Aguas y Lugares*. Vol. II Editorial Gredos, Madrid, España.

- Tromp S.W. 1963. *Human Biometeorology*. International Journal of Biometeorology. Publisher Springer Berlin / Heidelberg. vol. 7. issue 2. pp 145-157. Berlin, Germany.
- Tudela, Fernando. 1982. *Ecodiseño*. U.A.M. Xochimilco. México. DF.
- UNESCO. 2006. *Manual on Sea Level Measurement and Interpretation*. Manuals and Guides 14. Technical Report 31. WMO/TD No. 1339 Intergovernmental Oceanographic Commission, UNESCO. France.
- Valdés, A, et al. 2005. *Un estudio Explorativo de los Sistemas Convectivos de Mesoescala de México*. Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía. UNAM. No. 56. pp. 26-42. México, D.F.
- Van Straaten J. and Van Deventer E. 1964. *The Functional Aspects of Building Design in Warm Climates with Particular Reference to Thermal and Ventilation Considerations*. International Journal of Biometeorology. Publisher Springer Berlin / Heidelberg. vol. 8. number 2. pp 155-163. Berlin, Germany.
- Vernon HM, Warner CG. 1932. The influence of the humidity of the air on capacity for work at high temperatures. *Journal of Hygiene*. 1932. 32, 431-62. Cambridge, UK.
- Vernon, H.M. 1932. The Measurement of radiant heat in relation to human comfort. *Journal of Industrial Hygiene*, No. 14 pp 95-111. USA.
- Vidal, Rosalía. 1994. *Condiciones Pluviométricas en los Estados del Norte de México*. Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía, Número 29. UNAM. pp 41-65. México, D.F.
- Vidal Z. Rosalía. 2005. *Las Regiones Climáticas de México*. Temas Selectos de Geografía de México. Instituto de Geografía de la UNAM. México, DF.
- Vitruvio. 1987. *Los Diez Libros de la Arquitectura*. Ediciones Akal, Madrid, España.
- Watson, D. & Labs, K. *Climatic Design*. 1983. Energy-Efficient Building principles and Practices. McGraw Hill Book Company, New York. USA.
- Watson, Donald. 1990. *Climatic Design*. McGraw Hill Books. New York, USA.
- Watson, Donald. 1979. *Energy Conservation through Building Design*. McGraw Hill Books. New York, USA.
- Xenophon (Jenofonte). 1998. *The Memorabilia* Chap. VIII. WWS. Washington, USA.
- Yeang, Ken. 1999. *Proyectar con la Naturaleza*, Editorial Gustavo Gili. Barcelona, España.

PÁGINAS WEB

- AGIS Software. Franklin, Tasmania, Australia. <http://www.agismap.com/>.
- American Meteorological Society. Robert G. Quayle, and Robert G. Steadman. The Steadman Wind Chill. [http://ams.allenpress.com/perlserv/?request=get-document&doi=10.1175%2F1520-0434\(1998\)013%3C1187:TSWCAI%3E2.0.CO%3B2](http://ams.allenpress.com/perlserv/?request=get-document&doi=10.1175%2F1520-0434(1998)013%3C1187:TSWCAI%3E2.0.CO%3B2)
- Australian Government. Bureau of Meteorology. About the WBGT and Apparent Temperature Indices. http://www.bom.gov.au/info/thermal_stress/
- Carrier. A United Technologies Company. Historia del Aire Acondicionado. <http://www.carrier.es/>
- CONAE. Comisión Nacional para el Ahorro de Energía. Normas Oficiales Mexicanas. <http://www.conae.gob.mx/wb> (Jul. 2007)
- CORDA Technologies, Inc. 350 South 400 West, Suite 100 Lindon, Utah USA 84042. <http://www.corda.com/>
- Chad Palmer - USA TODAY- Information Network. Heat Index. http://www.vivoscuola.it/US/RSIGPP3202/umidita/attivita/humidity_formulas.htm
- DeLorme Innovative Earthmate GPS, Mapping Software, GIS Solutions, and Data. Yarmouth, ME 04096 USA. <http://www.delorme.com/>
- Environment Canada. Wind Chill Program. http://www.msc.ec.gc.ca/education/windchill/science_equations_e.cfm
- ESRI. 380 New York Street, Redlands, CA 92373-8100. <http://www.esri.com/index.html>
- Greatest Engineering Achievements of the 20th Century. Air conditioning and refrigeration. http://www.greatachievements.org/greatachievements/ga_10_3.html (2007)
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. <http://www.inegi.gob.mx> (Sep. 2007)
- International Cartographic Association. <http://redgeomatca.rediris.es/ica/> (Jun. 2007)
- International Society of Biometeorology. <http://ags.ou.edu/%7eisb/home.html> (2007)
- MapInfo. Troy, New Cork, USA. <http://www.mapinfo.com/>
- Map Maker Ltd. Carradale, Kintyre Argyll, Scotland PA28 6SQ United Kingdom. <http://www.mapmaker.com/index.asp>
- Matzarakis, A., F. Ruts & H. Mayer. (2000). RayMan. Modelling of Mean Radiant Temperature in Urban Structures – Calculation of thermal indices. University of Freiburg. Freiburg, Germany. <http://www.mif.uni-freiburg.de/rayman/>
- Meteorological Service of Canada- Environment Canada. Canada http://www.wul.qc.ec.gc.ca/meteo/Documentation/Humidex_e.html
- Rachel Dickinson. (2002) A Cool History. The Christian Science Monitor. August 6, <http://www.csmonitor.com/2002/0806/p18s02-hfks.html>

Richard De Dear. Macquarie University – Sydney, Australia. 1999. <http://atmos.es.mq.edu.au/~rdedear/pmv/>

The International Association for the properties of Water and Steam. IAPWS. Sep. 2007
<http://www.iapws.org/>

US Today. *Atmospheric Sciences Resources*. Available in:
<http://www.usatoday.com/weather/resources/basics/wworks0.htm> (2007)

ANEXO 1

GLOSARIO

ADIABÁTICO. Significa literalmente sin intercambio de calor; en las masas de aire tienen lugar cambios adiabáticos de temperatura como resultado de los cambios de presión que las expande o las contrae. (6)

AIRE SECO. Mezcla de diversos gases, en ausencia de polvo y de vapor de agua, cuya proporción se mantiene constante hasta una altura aproximada de 20 Km. Los principales componentes son el nitrógeno y el oxígeno con una proporción del 78 y el 21 %, respectivamente, en el 1% restante se incluyen gases como: ozono, vapor de agua, anhídrido carbonico y algunos gases nobles (argón, radón, etc.). (1)

AIRE HUMEDO. Se denomina al aire que contiene vapor de agua. (1)

AIRE SATURADO. Es el aire que contiene la cantidad máxima de vapor de agua posible para una temperatura y una presión dadas (100% de humedad relativa). (1)

AIREACIÓN. Proceso en virtud del cual ocurre la renovación del aire (7). Ventilación (natural) por simple exposición al aire. (4)

ALBEDO. Factor de reflexión o grado en que una superficie refleja la luz (4); o sea la proporción de radiación incidente reflejada directamente por una superficie particular, acostumbra a expresarse en porcentajes.

ALTA PRESIÓN. Distribución del campo de presión atmosférica en donde el centro presenta una presión mayor que la que existe a su alrededor y a la misma altura; también denominada como Anticiclón. En un mapa sinóptico, se observa como un sistema de isobaras cerradas, de forma aproximadamente circular u oval, con circulación en sentido de las manecillas del reloj. Este fenómeno provoca subsidencia en la zona donde se posa, por lo que favorece tiempo estable. (1)

ALTITUD. Es la distancia vertical entre un punto situado sobre la superficie terrestre (o la atmósfera) y el nivel medio del mar. (1)

ALTURA. Es la distancia vertical entre dos puntos situados en diferentes posiciones. (1)

ANTICICLÓN. Circulación de aire alrededor de un área central de altas presiones, asociado normalmente con tiempo estable; la presión va elevándose paulatinamente según se forma el anticiclón y desciende cuando este decae. (1)

ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA. (Arquitectura, vida y clima) Arquitectura proyectada para funcionar de acuerdo con el clima (3). Cuyos objetivos fundamentales son: crear espacios que ofrezcan bienestar y confort a sus ocupantes permitiendo así su óptimo desarrollo y el de sus actividades; espacios que hagan un uso eficiente de la energía y los recursos; y que respeten al medio ambiente que los rodea integrándose a los ecosistemas tanto naturales como artificiales.

ATMÓSFERA (Esfera del aire). Esfera terrestre consistente en una masa gaseosa que envuelve a la Tierra, con espesor variable de varios cientos de kilómetros. Gracias a ella es posible la vida, ya que , además de proveer el oxígeno necesario para todas las especies, actúa como regulador térmico, equilibrando los flujos de energía solar y terrestre.

AURORA POLAR. Es un electrometeoro que se produce en las capas altas de la atmósfera en las latitudes polares. Se produce por el choque de partículas cargadas eléctricamente emitidas por el sol contra el campo magnético de la tierra. Cuando se presenta en el hemisferio norte se le llama Aurora Boreal, en el hemisferio sur se le llama Aurora Austral. (1)

AZIMUT (Acimut). Una de las coordenadas celestes para precisar la posición del Sol (o cualquier astro). Ángulo formado entre la proyección horizontal de rayo solar y el meridiano del lugar o eje norte-sur. (Generalmente en el hemisferio norte se mide a partir del sur y puede tener valores hasta 180° Este u Oeste) (3)

BIOCLIMA. Cada uno de los tipos de clima considerados en relación con su influencia acerca de los seres vivos. (4)

BIOCLIMATOLOGÍA. Disciplina científica que participa de la meteorología y de la biología y cuyo objeto es el estudio de la influencia de los factores climáticos sobre el desarrollo de los organismos vivientes. (4)

BIOMETEOROLOGÍA. Ciencia interdisciplinaria que estudia las interrelaciones entre los procesos atmosféricos /físicos y químicos) 7 los seres vivos. (5)

BIOSFERA. (Esfera de la vida) Parte de la esfera terrestre en donde se da la vida (animal y vegetal). (4). La biosfera está constituida por todos los organismos vivos junto con los ambientes con los cuales interactúan. De tal forma que parte de la atmósfera, la hidrosfera y la litosfera, están involucrados en la biosfera.

BRISA DE MAR. Viento local persistente que fluye en el día, en las proximidades de las costas, desde el mar hacia la tierra, con velocidades máximas de 20 Km/h. La causa básica de este flujo de viento es la diferencia del calentamiento entre la superficie del mar y de la tierra, por efecto de la radiación solar. (1)

BRISA DE TIERRA. (Terral) Viento débil que fluye durante la noche desde la tierra hacia el mar, se presenta en las zonas costeras como resultado del enfriamiento nocturno por radiación terrestre, que actúa más rápidamente sobre el suelo que sobre el mar. (1)

BTU (British Thermal Unit). Calor requerido para elevar la temperatura de una libra de agua de 59° a 60 °F (2)

CALMA. Es el registro de vientos menores a 2 nudos o la ausencia de todo movimiento perceptible del aire. (1)

CALIMA. Suspensión de partículas de polvo muy pequeñas en la atmósfera, lo suficientemente numerosas para dar al aire un aspecto opaco. Contribuyen a la coloración del crepúsculo. (1)

CALOR. Forma de energía que se manifiesta por el grado de actividad molecular de la materia. (3)

CALORÍA. Unidad física que se emplea para medir las cantidades de calor. . La caloría es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua de 14.5° a 15.5 °C bajo la presión atmosférica de 760 mm Hg. (1 atmósfera)

CAMBIO DE ESTADO. Cambio de fase de la materia; de sólida, líquida o gaseosa a otra. (3)

CAMBIO CLIMATICO. Son las variaciones en los promedio de los valores de los elementos meteorológicos (temperatura, precipitación, humedad, etc.) de una amplia región, a lo largo de un período de tiempo, las cuáles provocan alteraciones en el clima original de esa zona. (1)

CARTOGRAFÍA. Disciplina que se ocupa del concepto, producción, difusión y estudio de mapas.. (8)

CICLÓN. Circulación de aire alrededor de un área central de bajas presiones habitualmente asociada con tiempo inestable. En las latitudes tropicales puede referirse a una tormenta de grandes dimensiones que no alcanza, sin embargo, la condición de huracán.

CICLON EXTRATROPICAL. Es un ciclón que se forma a latitudes mayores a 30, se compone por dos a más masas de aire, por lo tanto se asocia a uno o más frentes. (1)

CICLON TROPICAL. Es un ciclón, que no presenta frentes; se desarrolla sobre aguas tropicales y tiene una circulación, en superficie, organizada y definida en el sentido contrario a las manecillas del reloj. Un ciclón se clasifica, según la intensidad de sus vientos, en: perturbación tropical, vientos en superficie ligeros; depresión tropical vientos máximos en superficie de 61 Km/hr; tormenta tropical vientos máximos dentro del rango de 62 a 87 Km/hr; huracán vientos máximos en superficie mayores a 116 Km/hr. Los huracanes a su vez se dividen en 5 categorías según la velocidad de sus vientos, como se observa en la tabla siguiente (1):

Clasificación de Huracanes

Categoría	Velocidad de los vientos
Cat. 1	118 a 153 km/h
Cat. 2	154 a 177 km/h
Cat. 3	178 a 209 km/h
Cat. 4	210 a 249 km/h
Cat. 5	250 km/h

CIRCULACION ANTICICLONICA. Circulación atmosférica sistemática asociada a un sistema de alta presión. En el hemisferio Norte su sentido de rotación es igual a de las manecillas del reloj y al contrario en el caso de hemisferio Sur. (1)

CIRCULACION CICLONICA. Circulación atmosférica asociada con un sistema de “circulación general” Conjunto de configuración de las corrientes de la atmósfera sobre todo el globo terrestre. Con frecuencia el término se aplica a la configuración de la corriente media en un intervalo de tiempo dado. (1)

CLIMA. Es el estado medio de los elementos meteorológicos de una localidad considerando un período largo de tiempo. El clima de una localidad viene determinado por los factores climatológicos: latitud, longitud, altitud, orografía y continentalidad. (1)

CLIMATOLOGIA. Ciencia dedicada al estudio de los climas en relación a sus características, variaciones, distribución, tipos y posibles causas determinantes. (1)

CONSTANTE SOLAR. (I_{sc}) Cantidad de radiación solar que incide (por unidad de tiempo y de área) sobre una superficie normal a los rayos solares que se encuentra fuera de la atmósfera, a la distancia media entre el Sol y la Tierra. (3). ($I_{sc} = 1,367 \text{ W/m}^2$)

CORONA. Fotometeor que aparece como uno o más anillos coloreados, con radio relativamente pequeño que aparecen alrededor del sol o la luna y que se produce por la difracción de la luz en las gotas de agua. Este fenómeno se asocia a la presencia de nubes de tipo altoestratos. (1)

CORRIENTE EN CHORRO. Mal llamada "Corriente de Chorro", es una corriente rápida de vientos del oeste en altura; da la vuelta al planeta en ambos hemisferios. Tiene una velocidad mínima de 120 Km/h, posee una forma tubular, achatada y es casi horizontal, se presenta en la atmósfera superior, con una longitud de varios miles de kilómetros, algunos cientos de anchura y un espesor del orden de tres Km. (1)

CHUBASCO. Precipitación de gotas de agua que caen desde una nube del genero cumulonimbos; se caracteriza por que empieza y termina repentinamente, por variaciones de intensidad muy bruscas y porque el estado del cielo sufre cambios muy rápido. (1)

DATOS VECTORIALES. Los datos vectoriales representan elementos gráficos o espaciales con localización por medio de coordenadas (por ejemplo: latitud y longitud o valores x, y, z.). Los elementos pueden ser con coordenadas discretas x, y, o líneas y polígonos formados por una serie de valores coordenados tipo x, y, y z.

DATOS RASTER. Representación de una fuente de datos que usa una estructura tipo red (retícula) para almacenar información geográfica. Los datos raster representan elementos geográficos o espaciales como un grupo de celdas organizadas en una matriz de renglones y columnas. Un elemento de punto, línea o área está representada por una o muchas celdas, De tal forma un conjunto de datos raster puede representar superficies de tipo espacial, donde cada celda puede almacenar valores únicos de elevación tipo z.

DECLINACIÓN SOLAR. Ángulo formado entre el plano de la eclíptica y el plano ecuatorial terrestre. (3)

EFECTO DE CORIOLIS. Efecto debido al movimiento rotacional de la tierra, que se manifiesta en todo cuerpo en movimiento, de tal forma que lo desvía de su trayectoria recta. En el hemisferio norte la desviación ocurre hacia la derecha de la dirección del cuerpo y mientras que en el hemisferio sur la desviación es hacia la izquierda. (1)

ELECTROMETEORO. Es la manifestación visible o audible de la electricidad en la atmósfera. Los principales son los relámpagos, truenos y la aurora boreal. (1)

ENTALPÍA. Magnitud termodinámica de un cuerpo. (3). Energía calorífica de un sistema termodinámico, cuya magnitud depende de los estados inicial y final del mismo. La entalpía es igual a la suma de la energía interna (u) (del cuerpo o fluido) mas el producto de su volumen (v) por su presión (p) (4):

$$\text{Entalpía} = u + vp$$

ENTROPÍA. Magnitud usada en termodinámica para expresar el grado de desorden de la materia. (4) Relación existente entre la cantidad de calor que un cuerpo gana o pierde y su temperatura absoluta. (3)

ESCALA DE VIENTOS BEAUFORT. Sistema de estimación de la fuerza de los vientos, fue ideada por el navegante inglés Beaufort basándose en los efectos de la fuerza del viento sobre la superficie terrestre y sobre el mar. Existe la siguiente relación entre la velocidad de los vientos dada en nudos (V) y el número en la escala de Beaufort (B) elevado a la potencia de 3/2 y multiplicado por 1.87. (1)

$$1 V = 1.87 (B)^{3/2}$$

ESTABILIDAD ATMOSFERICA. Condición de la atmósfera que se opone al desarrollo de nubes de los géneros cúmulo y cumulonimbos. Se caracteriza por estados del cielo despejados o con presencia de nubes estratiformes. (1)

EVAPORACION. Cambio de fase del agua de un estado líquido a gaseoso por absorción de calor. (1)

EVAPORIMETRO. Es el instrumento que se utiliza para medir la evaporación del agua en la atmósfera. Consta de una tina de 1.21 mts. de diámetro y 25.5 cm de profundidad., su área aproximada es de 1.41 metros cuadrados. Debe estar colocado sobre una base que lo mantenga por encima del suelo a una distancia mínima de 3 a 5 cm. La estructura de la base debe permitir la libre circulación del viento. El tanque se rellena de agua y se van tomando lecturas diarias del tirante de agua por medio de un bernier llamado *torinillo micrométrico*. (1)

EVAPOTRANSPIRACION. Es la combinación de procesos de evaporación del agua y transpiración de las plantas y animales por medio de la cuál el agua es transferida a la atmósfera desde la superficie terrestre. (1)

FACTOR MASA DE AIRE. Relación que existe entre la longitud de la trayectoria atmosférica efectiva de los rayos solares y el espesor atmosférico que atravesarían esos rayos si incidieran perpendicularmente en la superficie terrestre. (3)

FOTOMETEORO. Fenómeno luminoso provocado por reflexión, refracción, difracción o interferencias de la luz solar o lunar. Los principales son el halo, arco iris, corona, anillos de Ulloa, espejismo, rayo verde y colores crepusculares. (1)

FRENTE. Zona de interacción entre dos masas de aire con características diferentes de temperatura y/o humedad. (1)

FRENTE CALIENTE (o Cálido). Se produce cuando una masa de aire caliente avanza hacia latitudes mayores y su borde delantero asciende sobre el aire más frío. Si hay humedad suficiente se observan todos los géneros de nubes estratiformes las cuáles podrían provocar precipitaciones de tipo continuo. (1)

FRENTE ESTACIONARIO. Es aquél frente que no presenta ningún desplazamiento. (1)

FRENTE FRIO. Se produce cuando una masa de aire frío avanza hacia latitudes menores y su borde delantero se introduce como una cuña entre el suelo y el aire caliente. Al paso de este sistema, se pueden observar nubes de desarrollo vertical, las cuales podrían provocar chubascos o nevadas si la temperatura es muy baja. Durante su desplazamiento la masa de aire que viene desplazando el aire más cálido provoca descensos rápidos en las temperaturas de la región por donde pasa. (1)

FUEGO DE SAN TELMO. Descarga eléctrica débil, más o menos continua que tiene lugar en la atmósfera cargada de humedad sobre objetos elevados y puntiagudos. (1)

GLOBO PILOTO. Se le llama así a un globo que se utiliza con el fin de calcular los vientos en altura, el procedimiento consiste en llenar con helio o hidrógeno el globo y dejarlo libre, después se sigue la trayectoria del globo con un teodolito, registrándose periódicamente su posición (azimut y elevación). (1)

GRADIENTE DE PRESION. Matemáticamente, vector perpendicular a la isobara o a la superficie isobárica y dirigido hacia valores bajos de presión. Diferencia de presión entre dos puntos. (1)

GRADIENTE DE TEMPERATURA. La razón del cambio de la temperatura por unidad de distancia, muy comúnmente referido con respecto a la altura. Se tienen dos gradientes, el adiabático de 10.0 °C/Km (en aire seco) y el pseudos adiabático (aire húmedo) es 6.5 °C/Km. (1)

HALO. Fometeoro en forma de anillo luminoso de 22° a 46° centrado sobre un astro que se produce cuando la luz que este emite se refracta sobre los cristales de hielo que se encuentran en suspensión en la atmósfera. Este fenómeno se asocia a la presencia de nubes de tipo Cirrostratos. (Anillo de Bishop) (1)

HIDROMETEORO. Fenómeno formado por un conjunto de partículas acuosas, líquidas o sólidas que caen a través de la atmósfera. Las partículas acuosas pueden estar en suspensión, ser remontadas por el viento desde la superficie terrestre o ser depositadas sobre objetos situados en la atmósfera libre. Entre los principales se encuentran la lluvia, llovizna, nieve, granizo, niebla, neblina, rocío, escarcha, chubasco y tromba. (1)

HIDROSFERA (Esfera del agua). Esfera geográfica que incluye al agua en todo sus estados físicos. (gaseoso, líquido y sólido), es decir que incluye al agua contenida en la atmósfera, en la tierra y la de los mares, lagos y ríos, así como la nieve y el hielo de los glaciares.

HUMEDAD. Es el contenido de vapor de agua del aire; puede ser expresado como humedad absoluta, específica, relativa o razón de mezcla. (1)

HUMEDAD ABSOLUTA. En un sistema de aire húmedo, es la cantidad del vapor de agua (masa) contenida por una unidad de volumen de aire; se expresa en gramos de vapor de agua por metros cúbicos de aire húmedo. (3)

HUMEDAD ESPECÍFICA. En un sistema de aire húmedo, es la cantidad del vapor de agua (masa) contenida por una unidad de masa de aire; se expresa en gramos de vapor de agua por kilogramo de aire húmedo. (4)

HUMEDAD RELATIVA. Es la relación expresada en porcentaje, entre el contenido de vapor de agua y el valor que tendría si el aire estuviera totalmente saturado a la misma temperatura y presión.

HURACAN. Nombre genérico que se le da a un ciclón tropical cuando este ocurren en las siguientes regiones geográficas: Atlántico Norte, Mar Caribe, Golfo de México, Pacífico Sur y Océano Indico (1); con velocidades superiores a 118 Km/h (4)

INVERSION (TERMICA). Acción y efecto de invertir. Fenómeno que se presenta cuando el patrón normal de temperatura en la atmósfera se comporta de forma contraria, es decir, aumenta con la altitud. La presencia de una inversión provoca estabilidad en la atmósfera. Coloquialmente se le da el nombre de "*Inversión Térmica*"

INVERSION FRONTAL. Este tipo de inversión se presenta cuando una masa de aire caliente es obligada a elevarse sobre el aire más frío, esto sucede en las proximidades de una zona frontal.

INVERSION POR RADIACION. Este tipo de inversión se presenta generalmente por la noche, cuando la superficie terrestre, al no recibir la radiación del sol que la calienta, se enfría y por tanto el aire que se encuentra en contacto con la superficie se enfría más que el de mayores alturas.

INVERSION POR SUBSIDENCIA. Este tipo de inversión se debe al ascenso del aire caliente cuando es reemplazado por una masa de aire frío que desciende sobre la superficie.

ISOBARA. Es una línea trazada sobre un mapa sinóptico con la que se unen puntos donde la presión atmosférica tiene el mismo valor. (1)

ISOTERMA. Es una línea trazada sobre un mapa sinóptico con la que se unen puntos donde la temperatura tiene el mismo valor. (1)

ISOYETA. Es una línea trazada sobre un mapa sinóptico con la que se unen puntos donde se registra igual cantidad de precipitación. (1)

LATITUD. Una de las coordenadas geográficas que sirve para ubicar un punto sobre la superficie terrestre; se define por el ángulo que forma la vertical del lugar con el plano de ecuador. (3)

LITOSFERA. (Esfera de la tierra). Esfera geográfica relativa a la tierra. Generalmente relacionada con la corteza terrestre.

LITOMETEORO. Fenómenos que se relacionan con la suspensión de partículas sólidas no acuosas en la atmósfera o levantadas del suelo por el viento. Ejemplos son, la bruma o calima y el smog. Muy destacadas son las llamadas *Tormentas de arena* en zonas desérticas.

LONGITUD. Coordenada geográfica definida por el ángulo diedro que forma el meridiano que pasa por el lugar con otro meridiano tomado como origen (Greenwich) (3)

LLUVIA. Precipitación de gotas de agua líquida de diámetro mayor de 0.5 mm, o bien más pequeñas, pero muy dispersas y no mayores a 5mm. (1)

MAGNETOSFERA. (Esfera Magnética). Campo electromagnético que rodea a la Tierra.

MASA DE AIRE. Volumen extenso de la atmósfera cuyas propiedades físicas, en particular la temperatura y la humedad en un plano horizontal muestran solo diferencias pequeñas y graduales. Una masa puede cubrir una región de varios millones de kilómetros cuadrados y poseer varios kilómetros de espesor. (1)

MASA DE AIRE ESTABLE. Masa de aire en la que prevalece la estabilidad estática, condición que depende de los gradientes verticales de temperatura. (1)

MASA DE AIRE INESTABLE. Masa de aire que presenta inestabilidad en las capas inferiores; se producen nubes convectivas y precipitaciones cuando el contenido de humedad es elevado. (1)

MESOESCALA. Un fenómeno de mesoescala es aquél que tiene una duración entre 1 y 12 horas o una extensión horizontal entre 1 y 100 Km. o una altura entre 1 y 10 Km. Ejemplo de estos fenómenos son las tormentas convectivas, tornados, brisa de mar, etc. (1)

METEORO. Fenómeno que es observado en la atmósfera o en la superficie del globo terrestre. Los meteoros, teniendo en cuenta la naturaleza de sus partículas constitutivas o los procesos físicos que intervienen en su formación, se han clasificado en cuatro grupos principales: Hidrometeoro, Litometeoro, Fotometeoro y Electrometeoro. (1)

METEOROLOGIA. Ciencia que estudia la atmósfera, comprende el estudio del tiempo y el clima y se ocupa del estudio físico, dinámico y químico de la atmósfera terrestre. (1)

METEOROLOGIA SINOPTICA. Estudia los fenómenos meteorológicos en tiempo real, basándose en las observaciones realizadas a la misma hora y anotadas sobre mapas geográficos con el objeto de predecir el estado del tiempo futuro. (1)

MILIBAR. Es la unidad de presión que expresa directamente la fuerza ejercida por la atmósfera, igual a 1000 Din/cm² o 100 Pa. (1)

MONZON. Vientos temporales de dirección persistente, los cuáles sufren un cambio muy pronunciado en la dirección normal de los viento, en cierta época del año. (1)

NEBLINA. Suspensión en la atmósfera de gotas microscópicas de agua o de núcleos higroscópicos húmedos que reduce la visibilidad en superficie. (1)

NIEBLA. Es un hidrometeoro, consistente en numerosas gólicas de agua lo suficientemente pequeñas para mantenerse suspendidas en el aire indefinidamente. Reduce la visibilidad a menos de 1 Km. (1)

NIÑO. Fenómeno oceánico-atmosférico, es de intensidad variable y ocurre en el Pacífico. Durante su ocurrencia provoca cambios en la temperatura y en los sistemas de presión en la región tropical del Océano Pacífico afectando los climas del mundo entero. (1)

NORMALES CLIMATOLOGICAS. Valores medios de los elementos meteorológicos (temperatura, humedad, precipitación, evaporación, etc.) calculados con los datos recabados durante un periodo largo y relativamente uniformes, generalmente de 30 años.

NUBE. Aglomeración de gotitas de agua en estado líquido, sobre enfiada o congelada suspendidas en el aire. La Organización Meteorológica Mundial ha definido 10 géneros de nubes, cada uno de los cuáles tienen forma distinta y puede ser asociado a diferentes hidrometeoros o fotometeoros. (1)

OBSERVATORIO METEOROLOGICO. Lugar donde se evalúan las condiciones actuales del tiempo, cuenta con el instrumental adecuado para tomar las lecturas de los parámetros necesarios. Constituido por una o más personas que realizan las observaciones sensoriales y que toman las lecturas de los diversos instrumentos. (1)

OMM Organización Meteorológica Mundial. Organismo intergubernamental especializado de la Organización de las Naciones Unidas, constituido el 23 de marzo de 1950, se encarga de coordinar, estandarizar y mejorar las actividades meteorológicas a nivel mundial. (1)

OLA DE CALOR (Onda de Calor). Calentamiento importante del aire o invasión de aire muy caliente, sobre una zona extensa; suele durar de unos días a una semana. (1)

ONDA TROPICAL (Onda del Este). Perturbación de escala sinóptica en la corriente de los vientos alisios y viaja con ellos hacia el oeste a una velocidad media de 15 Km/h. Produce fuerte convección sobre la zona que atraviesa. (1)

OZONO. Molécula triatómica de oxígeno que se produce principalmente en la alta estratósfera por la disociación que de moléculas provocada por las radiaciones ultravioletas que emite el sol. Este gas absorbe las radiaciones ultravioletas emitidas por el sol en la gama de longitudes de onda de 0.2 a 0.3 micras. La mayor concentración de este elemento se encuentra entre los 20 y 25 Km. de altitud, en la ozonósfera. (1)

PRECIPITACION. Partículas de agua líquida o sólida que caen desde la atmósfera hacia la superficie terrestre. (1)

PRECIPITACION CONTINUA. Se dice que la precipitación es continua, cuando su intensidad aumenta o disminuye gradualmente. (1)

PRECIPITACION INTERMITENTE. La precipitación es intermitente cuando se interrumpe y recomienza cuando menos una vez en el lapso de una hora y su intensidad disminuye o aumenta gradualmente. (1)

PRECIPITACION POTENCIAL. Cantidad de agua expresada como un volumen o como una masa que puede obtenerse si el vapor de agua en una columna de aire en la atmósfera se condensa y precipita. (1)

PRESION ATMOSFERICA. Es la presión que ejerce la atmósfera en un punto específico como consecuencia de la acción de la fuerza de gravedad sobre la columna de aire que se encuentra encima de este punto. (1)

PROCESOS DE CONVECCION. Movimiento ascendente del aire provocado principalmente por el efecto de calentamiento que ocasiona la radiación solar en la superficie terrestre. Este fenómeno origina la formación de nubes de tipo cúmulos, los cuáles se pueden convertir en cumulonimbos (nubes de tormenta) si la convección es muy fuerte. (1)

PUNTO DE ROCÍO (Temperatura de punto de rocío). Es la temperatura a la cuál el aire alcanza la saturación, es decir se condensa. (1)

RACHA. Es un aumento brusco del viento con respecto a su velocidad media tomada en un cierto intervalo de tiempo. Su duración es menor de 20 segundos y una variación de cuando menos 15 Km/h, va seguida de un descenso en el viento. (1)

RADIOSONDA. Es un instrumento que se ata a un globo lleno con algún gas ligero, con el objeto de realizar la medición de datos meteorológicos a diferentes alturas, los cuáles transmite a una estación receptora ubicada en superficie. La radiosonda incluye sensores para medir presión, temperatura y humedad; un modulador, un mecanismo conmutador y un radio transmisor. (1)

RASTER. Patrón reticular de puntos que forman una imagen o almacenan datos de información gráfica

RAZON DE MEZCLA. (Relación de mezcla). Numero de gramos de vapor de agua por kilogramo de aire seco. (4)

RED METEOROLOGICA. Conjunto de sistemas de observación de las variables meteorológicas. (1)

RELAMPAGO. Descargas eléctricas visibles, generadas durante las tormentas. (1)

ROCÍO. Es el agua condensada sobre los objetos ubicados cerca de la superficie terrestre y se debe al descenso de la temperatura más allá de la temperatura de punto de rocío, lo que resulta en la condensación del vapor de agua contenido en el aire. (1)

SATURACION. Condición del aire que se presenta cuando la cantidad de vapor de agua que contiene es el máximo posible para la temperatura existente. (1)

SMOG. Acrónimo de las palabras SMOke y fOG (humo y niebla). Se forma por la combinación de la niebla con el humo. Adjetivo común para la contaminación. (1)

TEMPERATURA AMBIENTE. Es la temperatura del aire registrada en el instante de la lectura. (1)

TEMPERATURA MAXIMA. Es la mayor temperatura registrada en un día, y que se presenta normalmente entre las 14:00 y las 16:00 horas. (1)

TEMPERATURA MINIMA. Es la menor temperatura registrada en un día, y se puede observar normalmente en entre las 06:00 y las 08:00 horas. (1)

TEMPERATURA RADIANTE MEDIA (de globo). Es la temperatura registrada por un termómetro de globo, es decir un termómetro con el bulbo cubierto por una esfera de cobre de 150 mm de diámetro y pintada de negro mate, La medida que se obtiene será igual a la temperatura del aire mas las ganancias o pérdidas por energía radiante. (7)

TEMPORADA DE CICLONES TROPICALES. Época del año en la que se desarrollan ciclones tropicales con una frecuencia relativamente grande. En el Atlántico, en el Caribe y en el Golfo de México el período comprende desde el 1º de junio hasta el 30 de noviembre y en el Pacífico del 15 de mayo al 30 de noviembre. (1)

TORMENTA. Precipitación en forma de chubasco, acompañada por vientos fuertes, que es provocada por una nube del género cumulonimbus. (1)

TORMENTA CONVECTIVA. Tormenta provocada por fenómenos de convección. (1)

TORNADO. Es la perturbación atmosférica más violenta, en forma de remolino que se forma a partir de una nube cumulonimbus, de extraordinario desarrollo resultado de una excesiva inestabilidad, provoca un intenso descenso de la presión en el centro del fenómeno y fuertes vientos que circulan en forma ciclónica. (1)

TROMBA. Es un fenómeno similar a un tornado, solo que este se forma en la zona costera o en el mar. (1)

TSUNAMI. Onda marina producida debajo del agua por un movimiento sísmico del fondo submarino, se propaga en todas direcciones a partir de su punto de origen y al llegar a las costas puede provocar marejadas y olas de gran altura. (1)

TURBULENCIA. Es un cambio brusco de la velocidad y dirección de los vientos, provocada por obstrucciones naturales o artificiales al paso de aire o por excesivo calentamiento de la superficie terrestre y que da lugar a la formación de nubes de tipo cumuliformes. (1)

VAPOR DE AGUA. La cantidad de vapor de agua en la atmósfera es variable, siendo mayor en la regiones marítimas, depende de la evaporación y la evapotranspiración que se produce en la superficie de la tierra, y a pesar de encontrarse en pequeñas proporciones en la atmósfera, hasta un 3%, este gas juega un papel muy importante en la formación de los fenómenos meteorológicos. (1)

VELOCIDAD DEL VIENTO. Razón del movimiento del viento en unidad de distancia por unidad de tiempo. (1)

VIENTO. Aire en movimiento relativo a la superficie de la tierra, casi exclusivamente usado para denotar la componente horizontal. (1)

VIENTOS ALISIOS. Sistema de vientos relativamente constantes en dirección y velocidad que soplan en ambos hemisferios, desde los 30° de latitud hacia el ecuador con dirección noreste en el hemisferio norte y sureste en el hemisferio sur. (1)

VIENTO ANABATICO. Es el viento húmedo y cálido que se eleva por una ladera y que a su paso se condensa provocando la formación de nubes de tipo lenticular en la cima. (1)

VIENTO CATABATICO. Es el aire fresco y seco que desciende a sotavento de la montaña, después de haberse condensado toda la humedad de lado de barlovento. (1)

VIENTO GEOSTROFICO. Es el viento resultante del equilibrio entre la aceleración de coriolis y la fuerza del gradiente horizontal de presión. Sopla paralelamente a las isobaras o isohipsas. (1)

VIRGA. Precipitación que se evapora antes de llegar al nivel de la superficie. (1)

VISIBILIDAD. Distancia horizontal máxima a la que un observador puede distinguir claramente algunos objetos de referencia en el horizonte. (1)

ZONA DE CONFORT. Confort es el estado psico-fisiológico bajo el cual la mayoría de los usuarios de un espacio manifiestan satisfacción con el medio ambiente que les rodea (2). Por lo tanto la zona de confort corresponde al rango o amplitud de las condiciones ambientales bajo las cuales los usuarios expresan dicho estado de satisfacción.

ZONA INTERTROPICAL DE CONVERGENCIA (ZIC). Intertropical Convergence Zone (ITCZ) por su nombre en inglés, es la zona donde convergen los vientos alisios de ambos hemisferios. También es conocida como Ecuador Meteorológico. (1)

REFERENCIAS DEL GLOSARIO

- (1) SMN Glosario de Términos. Servicio Meteorológico Nacional – Comisión Nacional del Agua- México.
<http://smn.cna.gob.mx/>
- (2) Chávez, J. Roberto Viento y Arquitectura. Editorial Trillas. México. D.F. 1995
 Fuentes, Víctor
- (3) Lacomba, Ruth et al. Manual de Arquitectura Solar. Editorial Trillas México, D.F. 1991
- (4) Larousse Diccionario Ilustrado de las Ciencias. Editorial Larousse. México, D.F. 1987
- (5) Internacional Society of Biometeorology.
- (6) Gutierrez, Jesús et al. Glosario de recursos Naturales. Editorial Limusa. México. D.F. 1983
- (7) Szokolay, Steven Environmental Science Handbook, the Construction Press, Lancaster, England 1980
- (8) International Cartographic Assosiation.

ANEXO 2

Base de Datos de 700 ciudades
de la República Mexicana

Datos Climáticos

REPÚBLICA DE COLOMBIA

AGENCIACIÓN BICENTENARIA

DE 700 CIUDADES DE AMÉRICA LATINOAMERICANA

CIUDAD	EBO	LAT	LONG	Mng	Demal	LONG	ALT	P	TEMPERATURA MEDIA												TEMPERATURA MÁXIMA												TEMPERATURA MÍNIMA												DESCRIPCIONES																																																																																																					
									E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL																																																																																																			
Cartagena	DOO	86.31	-104.47	24.52	DOO	75.50	111.0	11.9	14.8	17.2	19.7	20.1	19.7	18.7	16.5	13.0	12.0	18.0	22.0	24.0	25.0	24.0	23.0	22.0	21.0	20.0	19.0	18.0	17.0	16.0	15.0	14.0	13.0	12.0	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0	26.0	27.0	28.0	29.0	30.0	31.0	32.0	33.0	34.0	35.0	36.0	37.0	38.0	39.0	40.0	41.0	42.0	43.0	44.0	45.0	46.0	47.0	48.0	49.0	50.0	51.0	52.0	53.0	54.0	55.0	56.0	57.0	58.0	59.0	60.0	61.0	62.0	63.0	64.0	65.0	66.0	67.0	68.0	69.0	70.0	71.0	72.0	73.0	74.0	75.0	76.0	77.0	78.0	79.0	80.0	81.0	82.0	83.0	84.0	85.0	86.0	87.0	88.0	89.0	90.0	91.0	92.0	93.0	94.0	95.0	96.0	97.0	98.0	99.0	100.0

AGRUPACION DE BIENCOMUNITARIA
DE 700 CUADROS DE LA REPUBLICA AMERICANA

No.	CUIDADO	EJO	LAT	LONG	LAT	LONG	LAT	LONG	ALT	P	HUMEDAD MEDIA												HUMEDAD MAXIMA												HUMEDAD MINIMA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
											E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
90	Chiriquí	COL	103.38	-103.38	103.38	-103.38	103.38	-103.38	600	9	53.0	52.0	51.2	50.5	50.0	49.5	49.0	48.5	48.0	47.5	47.0	46.5	46.0	45.5	45.0	44.5	44.0	43.5	43.0	42.5	42.0	41.5	41.0	40.5	40.0	39.5	39.0	38.5	38.0	37.5	37.0	36.5	36.0	35.5	35.0	34.5	34.0	33.5	33.0	32.5	32.0	31.5	31.0	30.5	30.0	29.5	29.0	28.5	28.0	27.5	27.0	26.5	26.0	25.5	25.0	24.5	24.0	23.5	23.0	22.5	22.0	21.5	21.0	20.5	20.0	19.5	19.0	18.5	18.0	17.5	17.0	16.5	16.0	15.5	15.0	14.5	14.0	13.5	13.0	12.5	12.0	11.5	11.0	10.5	10.0	9.5	9.0	8.5	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.0	-0.5	-1.0	-1.5	-2.0	-2.5	-3.0	-3.5	-4.0	-4.5	-5.0	-5.5	-6.0	-6.5	-7.0	-7.5	-8.0	-8.5	-9.0	-9.5	-10.0	-10.5	-11.0	-11.5	-12.0	-12.5	-13.0	-13.5	-14.0	-14.5	-15.0	-15.5	-16.0	-16.5	-17.0	-17.5	-18.0	-18.5	-19.0	-19.5	-20.0	-20.5	-21.0	-21.5	-22.0	-22.5	-23.0	-23.5	-24.0	-24.5	-25.0	-25.5	-26.0	-26.5	-27.0	-27.5	-28.0	-28.5	-29.0	-29.5	-30.0	-30.5	-31.0	-31.5	-32.0	-32.5	-33.0	-33.5	-34.0	-34.5	-35.0	-35.5	-36.0	-36.5	-37.0	-37.5	-38.0	-38.5	-39.0	-39.5	-40.0	-40.5	-41.0	-41.5	-42.0	-42.5	-43.0	-43.5	-44.0	-44.5	-45.0	-45.5	-46.0	-46.5	-47.0	-47.5	-48.0	-48.5	-49.0	-49.5	-50.0	-50.5	-51.0	-51.5	-52.0	-52.5	-53.0	-53.5	-54.0	-54.5	-55.0	-55.5	-56.0	-56.5	-57.0	-57.5	-58.0	-58.5	-59.0	-59.5	-60.0	-60.5	-61.0	-61.5	-62.0	-62.5	-63.0	-63.5	-64.0	-64.5	-65.0	-65.5	-66.0	-66.5	-67.0	-67.5	-68.0	-68.5	-69.0	-69.5	-70.0	-70.5	-71.0	-71.5	-72.0	-72.5	-73.0	-73.5	-74.0	-74.5	-75.0	-75.5	-76.0	-76.5	-77.0	-77.5	-78.0	-78.5	-79.0	-79.5	-80.0	-80.5	-81.0	-81.5	-82.0	-82.5	-83.0	-83.5	-84.0	-84.5	-85.0	-85.5	-86.0	-86.5	-87.0	-87.5	-88.0	-88.5	-89.0	-89.5	-90.0	-90.5	-91.0	-91.5	-92.0	-92.5	-93.0	-93.5	-94.0	-94.5	-95.0	-95.5	-96.0	-96.5	-97.0	-97.5	-98.0	-98.5	-99.0	-99.5	-100.0	-100.5	-101.0	-101.5	-102.0	-102.5	-103.0	-103.5	-104.0	-104.5	-105.0	-105.5	-106.0	-106.5	-107.0	-107.5	-108.0	-108.5	-109.0	-109.5	-110.0	-110.5	-111.0	-111.5	-112.0	-112.5	-113.0	-113.5	-114.0	-114.5	-115.0	-115.5	-116.0	-116.5	-117.0	-117.5	-118.0	-118.5	-119.0	-119.5	-120.0	-120.5	-121.0	-121.5	-122.0	-122.5	-123.0	-123.5	-124.0	-124.5	-125.0	-125.5	-126.0	-126.5	-127.0	-127.5	-128.0	-128.5	-129.0	-129.5	-130.0	-130.5	-131.0	-131.5	-132.0	-132.5	-133.0	-133.5	-134.0	-134.5	-135.0	-135.5	-136.0	-136.5	-137.0	-137.5	-138.0	-138.5	-139.0	-139.5	-140.0	-140.5	-141.0	-141.5	-142.0	-142.5	-143.0	-143.5	-144.0	-144.5	-145.0	-145.5	-146.0	-146.5	-147.0	-147.5	-148.0	-148.5	-149.0	-149.5	-150.0	-150.5	-151.0	-151.5	-152.0	-152.5	-153.0	-153.5	-154.0	-154.5	-155.0	-155.5	-156.0	-156.5	-157.0	-157.5	-158.0	-158.5	-159.0	-159.5	-160.0	-160.5	-161.0	-161.5	-162.0	-162.5	-163.0	-163.5	-164.0	-164.5	-165.0	-165.5	-166.0	-166.5	-167.0	-167.5	-168.0	-168.5	-169.0	-169.5	-170.0	-170.5	-171.0	-171.5	-172.0	-172.5	-173.0	-173.5	-174.0	-174.5	-175.0	-175.5	-176.0	-176.5	-177.0	-177.5	-178.0	-178.5	-179.0	-179.5	-180.0	-180.5	-181.0	-181.5	-182.0	-182.5	-183.0	-183.5	-184.0	-184.5	-185.0	-185.5	-186.0	-186.5	-187.0	-187.5	-188.0	-188.5	-189.0	-189.5	-190.0	-190.5	-191.0	-191.5	-192.0	-192.5	-193.0	-193.5	-194.0	-194.5	-195.0	-195.5	-196.0	-196.5	-197.0	-197.5	-198.0	-198.5	-199.0	-199.5	-200.0	-200.5	-201.0	-201.5	-202.0	-202.5	-203.0	-203.5	-204.0	-204.5	-205.0	-205.5	-206.0	-206.5	-207.0	-207.5	-208.0	-208.5	-209.0	-209.5	-210.0	-210.5	-211.0	-211.5	-212.0	-212.5	-213.0	-213.5	-214.0	-214.5	-215.0	-215.5	-216.0	-216.5	-217.0	-217.5	-218.0	-218.5	-219.0	-219.5	-220.0	-220.5	-221.0	-221.5	-222.0	-222.5	-223.0	-223.5	-224.0	-224.5	-225.0	-225.5	-226.0	-226.5	-227.0	-227.5	-228.0	-228.5	-229.0	-229.5	-230.0	-230.5	-231.0	-231.5	-232.0	-232.5	-233.0	-233.5	-234.0	-234.5	-235.0	-235.5	-236.0	-236.5	-237.0	-237.5	-238.0	-238.5	-239.0	-239.5	-240.0	-240.5	-241.0	-241.5	-242.0	-242.5	-243.0	-243.5	-244.0	-244.5	-245.0	-245.5	-246.0	-246.5	-247.0	-247.5	-248.0	-248.5	-249.0	-249.5	-250.0	-250.5	-251.0	-251.5	-252.0	-252.5	-253.0	-253.5	-254.0	-254.5	-255.0	-255.5	-256.0	-256.5	-257.0	-257.5	-258.0	-258.5	-259.0	-259.5	-260.0	-260.5	-261.0	-261.5	-262.0	-262.5	-263.0	-263.5	-264.0	-264.5	-265.0	-265.5	-266.0	-266.5	-267.0	-267.5	-268.0	-268.5	-269.0	-269.5	-270.0	-270.5	-271.0	-271.5	-272.0	-272.5	-273.0	-273.5	-274.0	-274.5	-275.0	-275.5	-276.0	-276.5	-277.0	-277.5	-278.0	-278.5	-279.0	-279.5	-280.0	-280.5	-281.0	-281.5	-282.0	-282.5	-283.0	-283.5	-284.0	-284.5	-285.0	-285.5	-286.0	-286.5	-287.0	-287.5	-288.0	-288.5	-289.0	-289.5	-290.0	-290.5	-291.0	-291.5	-292.0	-292.5	-293.0	-293.5	-294.0	-294.5	-295.0	-295.5	-296.0	-296.5	-297.0	-297.5	-298.0	-298.5	-299.0	-299.5	-300.0	-300.5	-301.0	-301.5	-302.0	-302.5	-303.0	-303.5	-304.0	-304.5	-305.0	-305.5	-306.0	-306.5	-307.0	-307.5	-308.0	-308.5	-309.0	-309.5	-310.0	-310.5	-311.0	-311.5	-312.0	-312.5	-313.0	-313.5	-314.0	-314.5	-315.0	-315.5	-316.0	-316.5	-317.0	-317.5	-318.0	-318.5	-319.0	-319.5	-320.0	-320.5	-321.0	-321.5	-322.0	-322.5	-323.0	-323.5	-324.0	-324.5	-325.0	-325.5	-326.0	-326.5	-327.0	-327.5	-328.0	-328.5	-329.0	-329.5	-330.0	-330.5	-331.0	-331.5	-332.0	-332.5	-333.0	-333.5	-334.0	-334.5	-335.0	-335.5	-336.0	-336.5	-337.0	-337.5	-338.0	-338.5	-339.0	-339.5	-340.0	-340.5	-341.0	-341.5	-342.0	-342.5	-343.0	-343.5	-344.0	-344.5	-345.0	-345.5	-346.0	-346.5	-347.0	-347.5	-348.0	-348.5	-349.0	-349.5	-350.0	-350.5	-351.0	-351.5	-352.0	-352.5	-353.0	-353.5	-354.0	-354.5	-355.0	-355.5	-356.0	-356.5	-357.0	-357.5	-358.0	-358.5	-359.0	-359.5	-360.0	-360.5	-361.0	-361.5	-362.0	-362.5	-363.0	-363.5	-364.0	-364.5	-365.0	-365.5	-366.0	-366.5	-367.0	-367.5	-368.0	-368.5	-369.0	-369.5	-370.0	-370.5	-371.0	-371.5	-372.0	-372.5	-373.0	-373.5	-374.0	-374.5	-375.0	-375.5	-376.0	-376.5	-377.0	-377.5	-378.0	-378.5	-379.0	-379.5	-380.0	-380.5	-381.0	-381.5	-382.0	-382.5	-383.0	-383.5	-384.0	-384.5	-385.0	-385.5	-386.0	-386.5	-387.0	-387.5	-388.0	-388.5	-389.0	-389.5	-390.0	-390.5	-391.0	-391.5	-392.0	-392.5	-393.0	-393.5	-394.0	-394.5	-395.0	-395.5	-396.0	-396.5	-397.0	-397.5	-398.0	-398.5	-399.0	-399.5	-400.0	-400.5	-401.0	-401.5	-402.0	-402.5	-403.0	-403.5	-404.0	-404.5	-405.0	-405.5	-406.0	-406.5	-407.0	-407.5	-408.0	-408.5	-409.0	-409.5	-410.0	-410.5	-411.0	-411.5	-412.0	-412.5	-413.0	-413.5	-414.0	-414.5	-415.0	-415.5	-416.0	-416.5	-417.0	-417.5	-418.0	-418.5	-419.0	-419.5	-420.0	-420.5	-421.0	-421.5	-422.0	-422.5	-423.0	-423.5	-424.0	-424.5	-425.0	-425.5	-426.0	-426.5	-427.0	-427.5	-428.0	-428.5	-429.0	-429.5	-430.0	-430.5	-431.0	-431.5	-432.0	-432.5	-433.0	-433.5	-434.0	-434.5	-435.0	-435.5	-436.0	-436.5	-437.0	-437.5	-438.0	-438.5	-439.0	-439.5	-440.0	-440.5	-441.0	-441.5	-442.0	-442.5	-443.0	-443.5	-444.0	-444.5	-445.0	-445.5	-446.0	-446.5	-447.0	-447.5	-448.0	-448.5	-449.0	-449.5	-450.0	-450.5	-451.0	-451.5	-452.0	-452.5	-453.0	-453.5	-454.0	-454.5	-455.0	-455.5	-456.0	-456.5	-457.0	-457.5	-458.0	-458.5	-459.0	-459.5	-460.0	-460.5	-461.0	-461.5	-462.0	-462.5	-463.0	-463.5	-464.0	-464.5	-465.0	-465.5	-466.0	-466.5	-467.0	-467.5	-468.0	-468.5	-469.0	-469.5	-470.0	-470.5	-471.0	-471.5	-472.0	-472.5	-473.0	-473.5	-474.0	-474.5	-475.0	-475.5	-476.0	-476.5	-477.0	-477.5	-478.0	-478.5	-479.0	-479.5	-480.0	-480.5	-481.0	-481.5	-482.0	-482.5	-483.0	-483.5	-484.0	-484.5	-485.0	-485.5	-486.0	-486.5	-487.0	-487.5	-488.0	-488.5	-489.0	-489.5	-490.0	-490.5	-491.0	-491.5	-492.0	-492.5	-493.0	-493.5	-494.0	-494.5	-495.0	-495.5	-496.0	-496.5	-497.0	-497.5	-498.0	-498.5	-499.0	-499.5	-500.0	-500.5	-501.0	-501.5	-502.0	-502.5	-503.0	-503.5	-504.0	-504.5	-505.0	-505.5	-506.0	-506.5	-507.0	-507.5	-508.0	-508.5	-509.0	-509.5	-510.0	-510.5	-511.0	-511.5	-512.0	-512.5	-513.0	-513.5	-514.0	-514.5	-515.0	-515.5	-516.0	-516.5	-517.0	-517.5	-518.0	-518.5	-519.0	-519.5	-520.0	-520.5	-521.0	-521.5	-522.0	-522.5	-523.0	-523.5	-524.0	-524.5	-525.0	-525.5	-526.0	-526.5	-527.0	-527.5	-528.0	-528.5	-529.0	-529.5	-530.0	-530.5	-531.0	-531.5	-532.0	-532.5	-533.0	-533.5	-534.0	-534.5	-535.0	-535.5	-536.0	-536.5	-537.0	-537.5	-538.0	-538.5	-539.0	-539.5	-540.0	-540.5	-541.0	-541.5	-542.0	-542.5	-543.0	-543.5	-544.0	-544.5	-545.0	-545.5	-546.0	-546.5	-547.0	-547.5	-548.0	-548.5	-549.0	-549.5	-550.0	-550.5	-551.0	-551.5	-552.0	-552.5	-553.0	-553.5	-554.0	-554.5	-555.0	-5

AGROPACION BIOCUANTICA
DE 600 CIUDADES DE LA REPUBLICA MEXICANA

No	CIUDAD	EJO	LAT	LONG	LONG New	LAT Decimal	LONG Decimal	ALT metros	P	PRECIPITACION MEDIA TOTAL												ANUAL	
										E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
1	Acapulcan	AGS	2152	102.18	-102.18	21.87	-102.30	1108	13.5	8.5	4.8	14.6	14.1	8.22	110.0	121.1	100.1	43.1	11.8	16.9	646.7		
2	Callej, Prens (Colonia)	AGS	2151	102.44	-102.44	21.85	-102.35	1105	28	10.2	5.3	7.3	2.5	26.0	70.9	105.3	131.6	106.2	40.5	11.5	15.1	614.4	
3	Jessin Parana	AGS	2150	102.26	-102.26	21.97	-102.35	1200	10	15.6	6.3	6.3	6.3	2.2	60.4	100.0	135.6	83.8	67.9	13.9	14.7	510.4	
4	Matamor, Prens	AGS	2151	102.40	-102.40	21.85	-102.37	1700	10	11.3	7.6	9.7	7.3	20.1	92.5	147.4	139.9	115.0	30.4	16.3	15.3	666.1	
5	Patellon de Ateana	AGS	2209	102.16	-102.16	22.15	-102.27	1879	26	13.3	8.0	4.0	6.4	23.5	99.3	90.2	109.2	92.1	30.7	12.5	14.5	464.5	
6	Escorral	AGS	2214	102.27	-102.27	22.23	-102.45	2090	10	8.5	8.8	2.5	2.7	18.3	72.8	118.0	144.9	79.5	32.4	16.2	16.1	518.5	
7	San Fco. de los Romes	AGS	2205	102.17	-102.17	22.08	-102.28	1884	30	14.3	8.5	7.7	12.8	77.9	83.8	77.9	83.8	103.3	91.6	33.0	11.2	15.9	488.8
8	Veradero	AGS	2153	102.28	-102.28	21.88	-102.47	1900	29	13.7	8.7	6.8	6.8	13.6	111.1	148.9	89.0	100.7	86.6	30.8	8.8	14.5	480.2
9	Bahia de los Angeles	BCN	2268	102.82	-102.82	22.83	-102.53	1800	8	8.0	4.6	4.6	2.2	63.0	100.5	142.2	81.5	49.2	63.9	42.9	17.1	491.3	
10	Batanes	BCN	3233	115.64	-115.64	32.55	-115.07	70	29	7.2	4.6	2.5	2.5	0.4	0.0	1.3	4.7	3.4	6.7	5.4	4.2	421.0	
11	Delia	BCN	3221	115.11	-115.11	32.35	-115.18	12	29	7.2	5.1	3.2	2.0	0.4	0.0	0.3	1.3	6.0	8.2	3.9	7.3	508.0	
12	El Socorro (Rancho)	BCN	3019	115.49	-115.49	30.32	-115.82	28	10	32.3	23.1	22.6	2.0	2.1	0.1	0.5	4.8	8.2	9.3	5.7	7.3	132.0	
13	La Laguna	BCN	2808	115.10	-115.10	28.13	-115.17	130	10	13.9	18.6	5.2	2.4	1.6	0.1	0.0	1.2	5.7	14.2	1.8	8.7	73.4	
14	Las Ramonas	BCN	3231	116.64	-116.64	32.52	-116.07	1200	29	21.5	12.1	13.4	8.0	2.6	0.1	0.0	1.2	13.0	7.9	10.5	14.9	16.7	129.9
15	Las Escobas	BCN	3033	115.95	-115.95	30.55	-115.93	27	15	37.5	5.0	4.1	5.0	1.0	0.8	0.6	3.4	8.9	6.7	17.8	29.4	191.5	
16	Revolucion	BCN	3239	115.27	-115.27	32.65	-115.45	120	30	13.0	5.8	3.2	0.4	0.4	0.5	0.4	4.5	3.8	8.5	6.3	5.4	183.5	
17	Rosario (Ejido)	BCN	2838	114.80	-114.80	28.63	-114.00	125	10	12.3	18.5	8.7	1.8	2.9	0.0	0.6	3.6	5.5	23.1	4.5	18.6	100.1	
18	San Agustín	BCN	2934	114.42	-114.42	29.72	-114.97	552	10	23.4	28.3	11.4	4.1	0.0	0.0	3.0	7.1	20.8	11.3	9.4	9.7	128.5	
19	San Luis (Rancho)	BCN	2943	114.42	-114.42	29.72	-114.70	570	10	30.1	33.3	10.4	1.1	0.1	0.0	2.5	5.8	17.0	11.3	3.9	15.5	117.0	
20	San Juan	BCN	3115	115.14	-115.14	31.25	-115.23	775	13	5.4	6.3	6.7	1.8	1.4	0.3	2.23	5.59	40.2	4.8	9.2	23.7	177.4	
21	San Juan	BCN	3035	115.38	-115.38	30.58	-115.63	980	10	4.58	4.9	4.7	1.2	2.3	0.6	1.19	17.0	16.5	15.9	3.9	3.6	286.4	
22	Santa Cruz	BCN	2805	113.07	-113.07	28.08	-113.12	400	20	10.4	8.1	8.6	1.3	1.0	1.29	16.0	22.2	7.8	4.9	17.1	10.4	40.1	
23	Socorro	BCN	3019	115.49	-115.49	30.32	-115.82	26	10	42.3	23.1	22.6	1.0	2.1	0.1	0.5	3.8	8.2	8.3	5.7	7.3	132.0	
24	Tehuacan	BCN	3231	117.82	-117.82	32.52	-117.93	56	29	41.1	38.2	38.3	17.9	4.9	0.8	0.6	0.8	5.4	7.7	29.8	34.5	216.8	
25	Bahia Magdalena	BCS	2507	111.49	-111.35	24.63	-111.83	12	22	9.4	3.1	4.2	0.4	0.0	0.1	2.3	2.8	4.6	2.5	2.2	6.1	358.8	
26	Buenavista de Loeza	BCS	2437	111.49	-111.49	24.37	-111.82	30	10	9.1	6.5	4.3	0.3	0.0	0.0	1.9	16.6	10.6	33.3	3.0	13.0	176.6	
27	Cabo San Lucas	BCS	2620	112.26	-112.26	26.37	-112.47	30	26	20.4	5.3	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	152.6	
28	Comondu	BCS	2803	111.50	-111.50	28.05	-111.83	260	30	15.9	10.1	4.4	0.0	0.1	0.4	1.65	4.81	37.9	19.3	7.2	20.2	188.1	
29	El Refugio	BCS	2446	111.43	-111.72	24.46	-111.72	23	22	2.7	10.4	1.4	0.7	0.1	0.0	3.7	16.8	9.6	6.9	5.0	3.9	78.6	
30	La Paz	BCS	2446	110.25	-110.25	24.46	-110.42	22	27	10.8	4.2	1.9	0.0	2.8	2.4	15.4	33.4	48.4	6.8	6.4	15.2	198.5	
31	Loeza	BCS	2428	111.52	-111.52	24.43	-111.87	5	22	6.0	1.7	1.5	0.0	0.0	0.0	2.9	7.9	12.0	2.6	0.8	17.3	52.8	
32	Puerto Cortes	BCS	2447	112.06	-112.06	24.47	-112.10	10	19	23.2	7.8	3.8	1.0	0.0	0.0	4.2	15.5	12.4	6.3	6.1	13.1	96.4	
33	Puerto San Carlos	BCS	2254	112.59	-112.59	22.54	-112.85	96	20	11.5	7.8	4.0	0.0	0.0	0.0	8.9	16.8	15.8	9.2	12.7	14.3	84.3	
34	Rosario	BCS	2451	111.32	-111.32	24.51	-111.53	458	10	26.1	9.9	1.1	0.5	0.5	0.1	3.10	86.8	71.0	66.3	10.8	19.7	273.8	
35	San Javier	BCS	2305	109.40	-109.40	23.05	-109.67	7	29	14.8	3.7	0.9	0.0	0.4	0.0	0.4	0.8	11.1	6.6	9.7	2.7	13.9	98.9
36	San José del Cabo	BCS	2719	114.21	-114.21	27.19	-114.55	124	11	13.9	18.2	15.2	0.7	0.0	0.4	0.8	9.1	16.0	9.5	2.7	13.9	38.9	
37	San Juan de los Rios	BCS	2448	110.49	-110.49	24.48	-110.92	320	10	12.2	6.8	0.0	1.2	0.0	1.43	51.2	70.8	17.9	14.6	9.1	21.8	21.2	
38	La Libertad	BCS	2448	110.49	-110.49	24.48	-110.92	160	10	15.1	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	27.2	27.0	5.2	0.2	9.1	89.1	
39	Tepic	BCS	2505	111.19	-111.19	25.08	-111.22	18	29	13.6	8.7	2.4	1.3	0.1	0.3	0.1	11.9	21.9	32.3	38.1	14.8	5.1	148.9
40	Todos los Santos	COAH	1851	91.29	-90.29	18.51	-90.46	26	51.9	40.7	25.9	1.3	6.00	23.8	23.8	23.2	23.8	23.8	23.8	23.8	23.8	23.8	1686.7
41	Campanera	COAH	1839	91.50	-90.46	18.39	-90.46	25	52	51.9	40.7	25.9	1.3	6.00	23.8	23.8	23.2	23.8	23.8	23.8	23.8	23.8	1686.7
42	Ciudad del Carmen	COAH	1839	91.50	-90.46	18.39	-90.46	25	52	51.9	40.7	25.9	1.3	6.00	23.8	23.8	23.2	23.8	23.8	23.8	23.8	23.8	1686.7
43	Chamotlán	COAH	1921	90.43	-90.43	19.21	-90.72	30	32	56.2	43.3	21.7	3.73	6.00	14.6	15.5	16.9	15.5	16.9	18.7	12.6	83.5	1378.4
44	Dzibachén	COAH	1828	89.44	-89.44	18.28	-89.73	100	33	19.1	20.7	21.4	8.8	4.4	17.8	21.5	23.5	24.9	24.9	37.0	27.9	1170.1	
45	Esparanza	COAH	1810	90.05	-90.05	18.10	-90.09	2	10	5.52	3.17	2.75	4.05	9.25	13.74	112.8	108.1	223.3	182.5	97.1	100.5	1191.1	
46	Huapochán	COAH	1845	89.52	-89.52	18.45	-89.87	56	22	25.0	20.8	11.3	32.6	14.8	14.8	12.1	18.0	20.6	16.1	43.7	24.3	1024.1	
47	Isa de Anahuá	COAH	1848	91.30	-91.30	18.48	-91.50	2	27	54.6	22.1	20.3	15.5	5.25	23.3	22.4	19.0	21.9	18.9	50.0	20.9	1281.3	
48	Panzaco	COAH	1812	92.09	-92.09	18.12	-92.10	50	22	6.7	6.7	4.6	2.8	5.25	23.3	22.4	19.0	21.9	18.9	50.0	20.9	1281.3	
49	Panunuch	COAH	1811	90.28	-90.28	18.11	-90.47	38	28	35.0	13.1	8.6	28.8	8.6	28.8	19.1	22.5	22.6	28.6	15.4	2.8	86.2	1440.5
50	San Bartolomé	COAH	1838	91.03	-91.03	18.38	-91.05	19	10	35.0	24.2	34.4	20.8	6.16	24.13	24.19	27.15	28.90	193.8	102.4	65.0	1680.7	
51	San Juan	COAH	1838	91.03	-91.03	18.38	-91.05	19	10	35.0	24.2	34.4	20.8	6.16	24.13	24.19	27.15	28.90	193.8	102.4	65.0	1680.7	
52	Xicatlán	COAH	1943	89.51	-89.51	19.43	-89.55	65	25	29.6	25.7	19.2	4.2	11.5	14.6	15							

AGRUPACION BIOClimATICA DE 600 CIUDADES DE LA REPUBLICA MEXICANA

No	CIUDAD	EEO	LAT	LONG	LONG	LAT	LONG	ALT	P	PRECIPITACION MEDIA TOTAL												ANUAL	
										E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
540	Atlix	SLP	21.40	98.58	-98.58	21.67	-98.87	46.35	46.35	44.0	47.5	41.1	48.3	144.2	333.4	323.5	284.4	358.6	151.6	70.2	58.2	190.50	
541	Ayotlán	SLP	21.38	99.01	-99.01	21.63	-99.02	22.0	10	61.1	75.7	88.7	89.2	115.1	118	130.4	315.4	488.1	180.1	102.1	92.6	274.83	
542	Atlix	SLP	21.38	99.01	-99.01	21.63	-99.02	22.0	10	61.1	75.7	88.7	89.2	115.1	118	130.4	315.4	488.1	180.1	102.1	92.6	274.83	
543	Atlix	SLP	22.35	99.24	-99.24	22.58	-99.40	22.58	10	18.1	23.9	24.2	44.2	265.4	304.3	284.9	273.7	121.8	48.6	28.6	160.89		
544	Atlix	SLP	21.34	99.34	-99.34	21.57	-99.57	95.0	30	12.5	8.2	8.6	19.8	41.2	108.5	89.0	21.6	91.1	27.5	14.9	72.26		
545	Atlix	SLP	23.39	100.38	-100.38	23.67	-100.63	157.0	30	19.5	13.9	28.8	50.5	83.5	66.8	76.7	50.0	38.8	12.8	21.1	49.20		
546	Atlix	SLP	22.05	101.05	-101.05	22.32	-101.38	129.0	20	7.6	6.5	7.2	13.3	34.3	62.9	34.1	44.7	56.0	29.4	13.9	13.0	32.51	
547	Atlix	SLP	22.05	101.05	-101.05	22.32	-101.38	129.0	20	7.6	6.5	7.2	13.3	34.3	62.9	34.1	44.7	56.0	29.4	13.9	13.0	32.51	
548	Atlix	SLP	22.05	101.05	-101.05	22.32	-101.38	129.0	20	7.6	6.5	7.2	13.3	34.3	62.9	34.1	44.7	56.0	29.4	13.9	13.0	32.51	
549	Atlix	SLP	22.05	101.05	-101.05	22.32	-101.38	129.0	20	7.6	6.5	7.2	13.3	34.3	62.9	34.1	44.7	56.0	29.4	13.9	13.0	32.51	
550	Atlix	SLP	21.56	99.89	-99.89	21.85	-99.88	94.0	10	9.6	4.9	4.9	11.3	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	
551	Atlix	SLP	22.01	99.13	-99.13	22.02	-99.22	10.0	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	
552	Atlix	SLP	22.38	99.25	-99.25	22.62	-99.42	128.0	10	8.2	8.0	12.6	17.7	28.8	92.2	136.3	145.4	257.2	351.1	45.2	45.6	39.2	189.93
553	Atlix	SLP	22.09	100.38	-100.38	22.35	-100.67	187.0	10	6.7	4.0	6.2	9.2	28.2	68.0	75.1	57.1	58.1	22.6	5.4	17.0	35.56	
554	Atlix	SLP	22.09	100.38	-100.38	22.35	-100.67	187.0	10	6.7	4.0	6.2	9.2	28.2	68.0	75.1	57.1	58.1	22.6	5.4	17.0	35.56	
555	Atlix	SLP	22.27	100.44	-100.44	22.42	-100.58	187.0	27	11.5	2.1	8.9	14.4	60.5	51.4	63.6	22.6	8.9	14.6	14.6	34.83		
556	Atlix	SLP	22.19	100.16	-100.16	22.32	-100.27	110.5	10	7.0	12.0	10.4	13.3	48.6	89.2	108.2	89.5	90.0	41.0	10.1	19.2	53.85	
557	Atlix	SLP	21.48	100.56	-100.56	21.80	-100.93	181.5	28	7.3	6.7	6.9	14.2	66.0	68.8	151.9	52.8	16.3	8.9	54.88			
558	Atlix	SLP	20.20	110.10	-110.10	20.33	-110.17	82.0	10	28.4	32.5	16.5	16.5	7.8	23.5	138.3	99.3	27.7	26.2	16.5	21.7	441.13	
559	Atlix	SLP	20.20	110.10	-110.10	20.33	-110.17	82.0	10	28.4	32.5	16.5	16.5	7.8	23.5	138.3	99.3	27.7	26.2	16.5	21.7	441.13	
560	Atlix	SLP	20.20	110.10	-110.10	20.33	-110.17	82.0	10	28.4	32.5	16.5	16.5	7.8	23.5	138.3	99.3	27.7	26.2	16.5	21.7	441.13	
561	Atlix	SLP	20.20	110.10	-110.10	20.33	-110.17	82.0	10	28.4	32.5	16.5	16.5	7.8	23.5	138.3	99.3	27.7	26.2	16.5	21.7	441.13	
562	Atlix	SLP	20.20	110.10	-110.10	20.33	-110.17	82.0	10	28.4	32.5	16.5	16.5	7.8	23.5	138.3	99.3	27.7	26.2	16.5	21.7	441.13	
563	Atlix	SLP	20.20	110.10	-110.10	20.33	-110.17	82.0	10	28.4	32.5	16.5	16.5	7.8	23.5	138.3	99.3	27.7	26.2	16.5	21.7	441.13	
564	Atlix	SLP	20.20	110.10	-110.10	20.33	-110.17	82.0	10	28.4	32.5	16.5	16.5	7.8	23.5	138.3	99.3	27.7	26.2	16.5	21.7	441.13	
565	Atlix	SLP	20.20	110.10	-110.10	20.33	-110.17	82.0	10	28.4	32.5	16.5	16.5	7.8	23.5	138.3	99.3	27.7	26.2	16.5	21.7	441.13	
566	Atlix	SLP	20.20	110.10	-110.10	20.33	-110.17	82.0	10	28.4	32.5	16.5	16.5	7.8	23.5	138.3	99.3	27.7	26.2	16.5	21.7	441.13	
567	Atlix	SLP	20.20	110.10	-110.10	20.33	-110.17	82.0	10	28.4	32.5	16.5	16.5	7.8	23.5	138.3	99.3	27.7	26.2	16.5	21.7	441.13	
568	Atlix	SLP	20.20	110.10	-110.10	20.33	-110.17	82.0	10	28.4	32.5	16.5	16.5	7.8	23.5	138.3	99.3	27.7	26.2	16.5	21.7	441.13	
569	Atlix	SLP	20.20	110.10	-110.10	20.33	-110.17	82.0	10	28.4	32.5	16.5	16.5	7.8	23.5	138.3	99.3	27.7	26.2	16.5	21.7	441.13	
570	Atlix	SLP	20.20	110.10	-110.10	20.33	-110.17	82.0	10	28.4	32.5	16.5	16.5	7.8	23.5	138.3	99.3	27.7	26.2	16.5	21.7	441.13	
571	Atlix	SLP	20.20	110.10	-110.10	20.33	-110.17	82.0	10	28.4	32.5	16.5	16.5	7.8	23.5	138.3	99.3	27.7	26.2	16.5	21.7	441.13	
572	Atlix	SLP	20.20	110.10	-110.10	20.33	-110.17	82.0	10	28.4	32.5	16.5	16.5	7.8	23.5	138.3	99.3	27.7	26.2	16.5	21.7	441.13	
573	Atlix	SLP	20.20	110.10	-110.10	20.33	-110.17	82.0	10	28.4	32.5	16.5	16.5	7.8	23.5	138.3	99.3	27.7	26.2	16.5	21.7	441.13	
574	Atlix	SLP	20.20	110.10	-110.10	20.33	-110.17	82.0	10	28.4	32.5	16.5	16.5	7.8	23.5	138.3	99.3	27.7	26.2	16.5	21.7	441.13	
575	Atlix	SLP	20.20	110.10	-110.10	20.33	-110.17	82.0	10	28.4	32.5	16.5	16.5	7.8	23.5	138.3	99.3	27.7	26.2	16.5	21.7	441.13	
576	Atlix	SLP	20.20	110.10	-110.10	20.33	-110.17	82.0	10	28.4	32.5	16.5	16.5	7.8	23.5	138.3	99.3	27.7	26.2	16.5	21.7	441.13	
577	Atlix	SLP	20.20	110.10	-110.10	20.33	-110.17	82.0	10	28.4	32.5	16.5	16.5	7.8	23.5	138.3	99.3	27.7	26.2	16.5	21.7	441.13	
578	Atlix	SLP	20.20	110.10	-110.10	20.33	-110.17	82.0	10	28.4	32.5	16.5	16.5	7.8	23.5	138.3	99.3	27.7	26.2	16.5	21.7	441.13	
579	Atlix	SLP	20.20	110.10	-110.10	20.33	-110.17	82.0	10	28.4	32.5	16.5	16.5	7.8	23.5	138.3	99.3	27.7	26.2	16.5	21.7	441.13	
580	Atlix	SLP	20.20	110.10	-110.10	20.33	-110.17	82.0	10	28.4	32.5	16.5	16.5	7.8	23.5	138.3	99.3	27.7	26.2	16.5	21.7	441.13	
581	Atlix	SLP	20.20	110.10	-110.10	20.33	-110.17	82.0	10	28.4	32.5	16.5	16.5	7.8	23.5	138.3	99.3	27.7	26.2	16.5	21.7	441.13	
582	Atlix	SLP	20.20	110.10	-110.10	20.33	-110.17	82.0	10	28.4	32.5	16.5	16.5	7.8	23.5	138.3	99.3	27.7	26.2	16.5	21.7	441.13	
583	Atlix	SLP	20.20	110.10	-110.10	20.33	-110.17	82.0	10	28.4	32.5	16.5	16.5	7.8	23.5	138.3	99.3	27.7	26.2	16.5	21.7	441.13	
584	Atlix	SLP	20.20	110.10	-110.10	20.33	-110.17	82.0	10	28.4	32.5	16.5	16.5	7.8	23.5	138.3	99.3	27.7	26.2	16.5	21.7	441.13	
585	Atlix	SLP	20.20	110.10	-110.10	20.33	-110.17	82.0	10	28.4	32.5	16.5	16.5	7.8	23.5	138.3	99.3	27.7	26.2	16.5	21.7	441.13	
586	Atlix	SLP	20.20	110.10	-110.10	20.33	-110.17	82.0	10	28.4	32.5	16.5	16.5	7.8	23.5	138.3	99.3	27.7	26.2	16.5	21.7	441.13	
587	Atlix	SLP	20.20	110.10	-110.10	20.33	-110.17	82.0	10	28.4	32.5	16.5	16.5	7.8	23.5	138.3	99.3	27.7	26.2	16.5	21.7	441.13	
588	Atlix	SLP	20.20	110.10	-110.10	20.33	-110.17	82.0	10	28.4	32.5	16.5	16.5	7.8	23.5	138.3	99.3	27.7	26.2	16.5	21.7	441.13	
589	Atlix	SLP	20.20	110.10	-110.10	20.33	-110.17	82.0	10	28.4	32.5	16.5	16.5	7.8	23.5	138.3	99.3	27.7	26.2	16.5	21.7	441.13	
590	Atlix	SLP	20.20	110.10	-110.10	20.33	-110.17	82.0	10	28.4	32.5	16.5	1										

Datos de Confort

AGRUPACION BIOClimATICA
DE 600 CIUDADES DE LA REPUBLICA MEXICANA

ID	CUIDADO	EOD	LAT	LONG	LONG	LAT	LONG	ALT	Efective Temperature SET	Estimador SET	Discomfort DISC	Thermal Sensation TSRSN	Predicted Mean Vote PMV	Sensation	Predicted Percentage of Dissatisfied PPD	Heat stress index HSI	Body Temperature		Ratio	Metabolic	Shivering	Respiratory evaporative heat loss	Respiratory sensible heat loss	Wet Bulb Globe Temperature WBGT	Heat Storage	Heat storage in clothing	Skin Blood Flow	Amount of sweating		
																	skin	core												
1	Amatepec	ASS	21.52	-102.14	-102.14	21.87	-102.30	1908	18.37	21.40	0.00	-0.08	-1.03	Shirt/Cool	4.81	2.92	32.38	36.81	58.20	0	0	0	4.67	1.44	48.90	6.87	-1.507	-0.018	7.67	0.00
2	Cancun (zona Federal)	ASS	21.51	-102.44	-102.44	21.86	-102.23	1705	20.05	22.69	0.00	-0.08	-1.03	Shirt/Cool	27.35	6.98	33.12	36.82	58.20	0	0	0	4.67	1.44	48.90	6.87	-1.507	-0.018	7.67	0.00
3	Coahuila de Zaragoza	ASS	21.50	-102.21	-102.21	21.87	-102.35	1807	17.86	21.03	0.00	-0.22	-1.58	Shirt/Cool	5.59	1.84	32.18	36.81	58.20	0	0	0	4.79	1.312	50.72	6.74	-1.712	-0.239	5.16	0.00
4	La Paz	ASS	22.07	-102.22	-102.22	22.17	-102.37	1800	16.48	19.71	0.00	-0.34	-1.97	Shirt/Cool	7.54	-2.48	31.62	36.81	58.20	0	0	0	4.59	1.222	48.78	6.64	-1.629	-0.219	6.35	0.00
5	Matamoros	ASS	21.51	-102.40	-102.40	21.86	-102.57	1700	19.09	22.01	0.00	-0.14	-1.28	Shirt/Cool	39.11	4.71	32.68	36.82	58.20	0	0	0	4.69	1.438	49.59	6.64	-1.602	-0.219	6.18	0.00
6	Puerto Morelos	ASS	22.14	-102.27	-102.27	22.23	-102.45	2000	16.58	19.86	0.00	-0.33	-1.94	Shirt/Cool	7.31	-2.05	31.66	36.81	58.20	0	0	0	4.79	1.389	49.59	6.64	-1.628	-0.182	4.61	0.00
7	San Bartolome	ASS	21.46	-102.17	-102.17	21.75	-102.18	1985	20.41	20.41	0.00	-0.28	-1.177	Shirt/Cool	65.39	-0.08	31.90	36.81	58.20	0	0	0	4.79	1.389	49.59	6.64	-1.628	-0.182	4.61	0.00
8	San Carlos	ASS	22.05	-102.11	-102.11	22.08	-102.28	1884	17.83	20.91	0.00	-0.23	-1.82	Shirt/Cool	57.27	1.54	32.53	36.81	58.20	0	0	0	4.79	1.389	49.59	6.64	-1.628	-0.182	4.61	0.00
9	Veracruz	ASS	21.59	-102.28	-102.28	21.88	-102.47	1800	17.56	20.70	0.00	-0.35	-2.61	Shirt/Cool	60.51	0.74	32.04	36.81	58.20	0	0	0	4.70	1.344	44.91	6.61	-1.593	-0.234	4.88	0.00
10	Villa Lizarz	ASS	22.08	-102.92	-102.92	22.13	-102.93	1800	16.32	18.96	0.00	-0.38	-2.84	Shirt/Cool	77.21	-2.79	31.96	36.81	58.20	0	0	0	4.54	1.442	54.94	6.39	-1.638	-0.234	4.00	0.00
11	Barranca de Huijales	ASS	21.53	-102.33	-102.33	21.85	-102.35	1705	22.43	24.90	0.00	0.21	-0.40	Neutral	7.26	15.80	32.96	36.83	58.20	0	0	0	3.97	1.076	42.88	6.35	-1.508	0.018	11.43	0.00
12	Delicias	ASS	21.51	-102.11	-102.11	21.81	-102.15	1705	22.43	24.90	0.00	0.21	-0.40	Neutral	7.26	15.80	32.96	36.83	58.20	0	0	0	3.97	1.076	42.88	6.35	-1.508	0.018	11.43	0.00
13	El Socorro (Ranchos)	ASS	21.59	-115.49	-115.49	21.82	-115.82	1705	15.85	18.78	0.00	-0.39	-2.11	Neutral	5.90	18.34	34.07	36.83	58.20	0	0	0	4.59	1.086	40.49	12.48	-1.618	0.007	11.52	0.00
14	El Socorro (Ranchos)	ASS	21.59	-115.49	-115.49	21.82	-115.82	1705	15.85	18.78	0.00	-0.39	-2.11	Neutral	5.90	18.34	34.07	36.83	58.20	0	0	0	4.59	1.086	40.49	12.48	-1.618	0.007	11.52	0.00
15	El Socorro (Ranchos)	ASS	21.59	-115.49	-115.49	21.82	-115.82	1705	15.85	18.78	0.00	-0.39	-2.11	Neutral	5.90	18.34	34.07	36.83	58.20	0	0	0	4.59	1.086	40.49	12.48	-1.618	0.007	11.52	0.00
16	El Socorro (Ranchos)	ASS	21.59	-115.49	-115.49	21.82	-115.82	1705	15.85	18.78	0.00	-0.39	-2.11	Neutral	5.90	18.34	34.07	36.83	58.20	0	0	0	4.59	1.086	40.49	12.48	-1.618	0.007	11.52	0.00
17	El Socorro (Ranchos)	ASS	21.59	-115.49	-115.49	21.82	-115.82	1705	15.85	18.78	0.00	-0.39	-2.11	Neutral	5.90	18.34	34.07	36.83	58.20	0	0	0	4.59	1.086	40.49	12.48	-1.618	0.007	11.52	0.00
18	El Socorro (Ranchos)	ASS	21.59	-115.49	-115.49	21.82	-115.82	1705	15.85	18.78	0.00	-0.39	-2.11	Neutral	5.90	18.34	34.07	36.83	58.20	0	0	0	4.59	1.086	40.49	12.48	-1.618	0.007	11.52	0.00
19	El Socorro (Ranchos)	ASS	21.59	-115.49	-115.49	21.82	-115.82	1705	15.85	18.78	0.00	-0.39	-2.11	Neutral	5.90	18.34	34.07	36.83	58.20	0	0	0	4.59	1.086	40.49	12.48	-1.618	0.007	11.52	0.00
20	El Socorro (Ranchos)	ASS	21.59	-115.49	-115.49	21.82	-115.82	1705	15.85	18.78	0.00	-0.39	-2.11	Neutral	5.90	18.34	34.07	36.83	58.20	0	0	0	4.59	1.086	40.49	12.48	-1.618	0.007	11.52	0.00
21	El Socorro (Ranchos)	ASS	21.59	-115.49	-115.49	21.82	-115.82	1705	15.85	18.78	0.00	-0.39	-2.11	Neutral	5.90	18.34	34.07	36.83	58.20	0	0	0	4.59	1.086	40.49	12.48	-1.618	0.007	11.52	0.00
22	El Socorro (Ranchos)	ASS	21.59	-115.49	-115.49	21.82	-115.82	1705	15.85	18.78	0.00	-0.39	-2.11	Neutral	5.90	18.34	34.07	36.83	58.20	0	0	0	4.59	1.086	40.49	12.48	-1.618	0.007	11.52	0.00
23	El Socorro (Ranchos)	ASS	21.59	-115.49	-115.49	21.82	-115.82	1705	15.85	18.78	0.00	-0.39	-2.11	Neutral	5.90	18.34	34.07	36.83	58.20	0	0	0	4.59	1.086	40.49	12.48	-1.618	0.007	11.52	0.00
24	El Socorro (Ranchos)	ASS	21.59	-115.49	-115.49	21.82	-115.82	1705	15.85	18.78	0.00	-0.39	-2.11	Neutral	5.90	18.34	34.07	36.83	58.20	0	0	0	4.59	1.086	40.49	12.48	-1.618	0.007	11.52	0.00
25	El Socorro (Ranchos)	ASS	21.59	-115.49	-115.49	21.82	-115.82	1705	15.85	18.78	0.00	-0.39	-2.11	Neutral	5.90	18.34	34.07	36.83	58.20	0	0	0	4.59	1.086	40.49	12.48	-1.618	0.007	11.52	0.00
26	El Socorro (Ranchos)	ASS	21.59	-115.49	-115.49	21.82	-115.82	1705	15.85	18.78	0.00	-0.39	-2.11	Neutral	5.90	18.34	34.07	36.83	58.20	0	0	0	4.59	1.086	40.49	12.48	-1.618	0.007	11.52	0.00
27	El Socorro (Ranchos)	ASS	21.59	-115.49	-115.49	21.82	-115.82	1705	15.85	18.78	0.00	-0.39	-2.11	Neutral	5.90	18.34	34.07	36.83	58.20	0	0	0	4.59	1.086	40.49	12.48	-1.618	0.007	11.52	0.00
28	El Socorro (Ranchos)	ASS	21.59	-115.49	-115.49	21.82	-115.82	1705	15.85	18.78	0.00	-0.39	-2.11	Neutral	5.90	18.34	34.07	36.83	58.20	0	0	0	4.59	1.086	40.49	12.48	-1.618	0.007	11.52	0.00
29	El Socorro (Ranchos)	ASS	21.59	-115.49	-115.49	21.82	-115.82	1705	15.85	18.78	0.00	-0.39	-2.11	Neutral	5.90	18.34	34.07	36.83	58.20	0	0	0	4.59	1.086	40.49	12.48	-1.618	0.007	11.52	0.00
30	El Socorro (Ranchos)	ASS	21.59	-115.49	-115.49	21.82	-115.82	1705	15.85	18.78	0.00	-0.39	-2.11	Neutral	5.90	18.34	34.07	36.83	58.20	0	0	0	4.59	1.086	40.49	12.48	-1.618	0.007	11.52	0.00
31	El Socorro (Ranchos)	ASS	21.59	-115.49	-115.49	21.82	-115.82	1705	15.85	18.78	0.00	-0.39	-2.11	Neutral	5.90	18.34	34.07	36.83	58.20	0	0	0	4.59	1.086	40.49	12.48	-1.618	0.007	11.52	0.00
32	El Socorro (Ranchos)	ASS	21.59	-115.49	-115.49	21.82	-115.82	1705	15.85	18.78	0.00	-0.39	-2.11	Neutral	5.90	18.34	34.07	36.83	58.20	0	0	0	4.59	1.086	40.49	12.48	-1.618	0.007	11.52	0.00
33	El Socorro (Ranchos)	ASS	21.59	-115.49	-115.49	21.82	-115.82	1705	15.85	18.78	0.00	-0.39	-2.11	Neutral	5.90	18.34	34.07	36.83	58.20	0	0	0	4.59	1.086	40.49	12.48	-1.618	0.007	11.52	0.00
34	El Socorro (Ranchos)	ASS	21.59	-115.49	-115.49	21.82	-115.82	1705	15.85	18.78	0.00	-0.39	-2.11	Neutral	5.90	18.34	34.07	36.83	58.20	0	0	0	4.59	1.086	40.49	12.48	-1.618	0.007	11.52	0.00
35	El Socorro (Ranchos)	ASS	21.59	-115.49	-115.49	21.82	-115.82	1705	15.85	18.78	0.00	-0.39	-2.11	Neutral	5.90	18.34	34.07	36.83	58.20	0	0	0	4.59	1.086	40.49	12.48	-1.618	0.007	11.52	0.00
36	El Socorro (Ranchos)	ASS	21.59	-115.49	-115.49	21.82	-115.82	1705	15.85	18.78	0.00	-0.39	-2.11	Neutral	5.90	18.34	34.07	36.83	58.20	0	0	0	4.59	1.086	40.49	12.48	-1.618	0.007	11.52	0.00
37	El Socorro (Ranchos)	ASS	21.59	-115.49	-115.49	21.82	-115.82	1705	15.85	18.78	0.00	-0.39	-2.11	Neutral	5.90	18.34	34.07	36.83	58.20	0	0	0	4.59	1.086	40.49	12.48	-1.618	0.007	11.52	0.00
3																														

AGRUPACION BIOLIMATICA
DE 700 CIUDADES DE LA REPUBLICA MEXICANA

No	CIUDAD	EPO	LAT	LONG	LONG	LAT	LONG	ALT	CLIMA	BIOLIMATICA	Fanger		ET	Resistencia		Autismos	Dens	Estruza	Jansoni	
											PMV	PPD		Combinado	Union				Artificial	Braser
														To	To	To	To	To	To	To
1	Ahuacatlen	AGS	21.32	-102.18	21.37	-102.30	21.87	1708	BS17WwV(e)G	TEMP.ADO SECO	-1.47	18.37	22.63	21.66	22.81	22.27	23.59	19.97	16.88	31.79
2	Camilo	AGS	21.51	-102.44	21.95	-102.73	19.98	1708	BS17WwV(e)G	TEMP.ADO SECO	-1.03	20.05	23.33	22.56	23.30	23.79	24.01	20.77	18.15	18.59
3	Camilo (Gomez)	AGS	21.58	-102.21	21.97	-102.35	1707	BS17WwV(e)G	TEMP.ADO SECO	-1.08	20.05	23.33	22.56	23.30	23.79	24.01	20.77	18.15	18.59	
4	Jesús María	AGS	21.58	-102.21	21.97	-102.35	1707	BS17WwV(e)G	TEMP.ADO SECO	-1.08	20.05	23.33	22.56	23.30	23.79	24.01	20.77	18.15	18.59	
5	Jacoco, Pies	AGS	22.07	-102.22	22.12	-102.37	1930	BS17WwV(e)G	TEMP.ADO SECO	-1.97	16.46	21.88	20.65	22.29	22.68	23.10	22.46	19.33	17.18	28.95
6	Matias, Pies	AGS	21.51	-102.40	21.95	-102.67	1700	BS17WwV(e)G	TEMP.ADO SECO	-1.28	19.69	22.92	22.05	23.02	23.49	23.77	20.29	17.52	18.10	33.25
7	Perote	AGS	22.14	-102.27	22.23	-102.45	2099	BS17WwV(e)G	TEMP.ADO SECO	-1.98	16.58	21.92	20.71	22.32	22.72	23.13	19.32	15.46	16.29	28.73
8	San Bartolo	AGS	21.45	-102.11	21.75	-102.18	1965	BS17WwV(e)G	TEMP.ADO SECO	-1.77	17.25	22.21	21.10	22.52	22.94	23.30	19.56	15.96	16.29	29.64
9	San Felices de los Rios	AGS	22.05	-102.17	22.08	-102.28	1884	BS17WwV(e)G	TEMP.ADO SECO	-1.62	17.83	22.42	21.38	22.67	23.11	23.45	19.76	16.33	18.94	30.34
10	Verde	AGS	22.05	-102.28	22.08	-102.35	1800	BS17WwV(e)G	TEMP.ADO SECO	-1.68	17.82	22.32	21.26	22.50	22.93	23.28	19.67	16.30	19.51	30.73
11	Villa Juárez	AGS	22.08	-102.92	22.13	-102.03	1900	BS17WwV(e)G	TEMP.ADO SECO	-2.01	16.32	21.65	20.61	22.27	22.66	23.05	19.26	15.16	15.90	27.74
12	Batavia de los Angeles	BCN	22.88	-113.33	23.93	-113.55	4	BS17WwV(e)G	CALDO SECO	-0.4	22.33	24.21	23.66	23.91	24.43	24.43	24.67	21.99	20.17	40.66
13	Batavia de los Angeles	BCN	22.88	-113.33	23.93	-113.55	4	BS17WwV(e)G	CALDO SECO	-0.4	22.33	24.21	23.66	23.91	24.43	24.43	24.67	21.99	20.17	40.66
14	Batavia de los Angeles	BCN	22.88	-113.33	23.93	-113.55	4	BS17WwV(e)G	CALDO SECO	-0.4	22.33	24.21	23.66	23.91	24.43	24.43	24.67	21.99	20.17	40.66
15	Batavia de los Angeles	BCN	22.88	-113.33	23.93	-113.55	4	BS17WwV(e)G	CALDO SECO	-0.4	22.33	24.21	23.66	23.91	24.43	24.43	24.67	21.99	20.17	40.66
16	Batavia de los Angeles	BCN	22.88	-113.33	23.93	-113.55	4	BS17WwV(e)G	CALDO SECO	-0.4	22.33	24.21	23.66	23.91	24.43	24.43	24.67	21.99	20.17	40.66
17	El Socorro (Rancho)	BCN	30.19	-115.49	30.32	-115.82	28	BWV(e)G	TEMP.ADO SECO	-2.11	15.85	21.60	20.26	22.09	22.45	22.94	18.08	15.03	16.21	28.54
18	Espinosa	BCN	31.35	-116.37	31.98	-116.82	24	BSW(e)G	TEMP.ADO SECO	-1.86	16.73	21.94	20.73	22.33	22.73	23.17	19.33	16.04	17.26	31.16
19	San Juan de los Rios	BCN	29.08	-115.10	29.13	-115.17	23	BSW(e)G	TEMP.ADO SECO	-0.61	21.52	23.86	23.23	23.67	24.19	24.38	21.48	20.03	30.53	
20	Las Escobas	BCN	30.33	-115.56	30.55	-115.93	15	BSO (e)G	TEMP.ADO SECO	-2.08	16.01	21.69	20.38	22.15	22.52	22.98	18.14	15.08	16.10	28.25
21	Mexical	BCN	32.39	-115.27	32.85	-115.45	4	BWV(e)G	TEMP.ADO SECO	-0.39	22.46	24.34	23.83	24.00	24.42	24.63	20.28	20.56	39.39	
22	Rancho Alegre	BCN	28.17	-113.53	28.88	-113.88	128	BWV(e)G	TEMP.ADO SECO	-1.41	18.57	22.71	21.77	22.87	23.33	23.64	20.06	17.09	17.70	32.24
23	Rancho Alegre	BCN	28.17	-113.53	28.88	-113.88	128	BWV(e)G	TEMP.ADO SECO	-1.41	18.57	22.71	21.77	22.87	23.33	23.64	20.06	17.09	17.70	32.24
24	Rancho Alegre	BCN	28.17	-113.53	28.88	-113.88	128	BWV(e)G	TEMP.ADO SECO	-1.41	18.57	22.71	21.77	22.87	23.33	23.64	20.06	17.09	17.70	32.24
25	Rancho Alegre	BCN	28.17	-113.53	28.88	-113.88	128	BWV(e)G	TEMP.ADO SECO	-1.41	18.57	22.71	21.77	22.87	23.33	23.64	20.06	17.09	17.70	32.24
26	San Juan (Rancho)	BCN	29.43	-114.42	29.72	-114.70	510	BWV(e)G	TEMP.ADO SECO	-1.32	18.89	22.95	21.95	22.97	23.43	23.72	20.21	19.38	33.12	
27	San Vicente	BCN	31.24	-116.16	31.35	-116.27	190	BSW(e)G	TEMP.ADO SECO	-1.89	16.75	22.00	20.81	22.37	22.77	23.17	19.59	15.59	18.37	
28	San Vicente	BCN	31.24	-116.16	31.35	-116.27	190	BSW(e)G	TEMP.ADO SECO	-1.89	16.75	22.00	20.81	22.37	22.77	23.17	19.59	15.59	18.37	
29	San Vicente	BCN	30.35	-115.38	30.68	-115.63	860	BSO (e)G	TEMP.ADO SECO	-1.83	16.84	22.02	20.84	22.39	22.79	23.22	19.40	16.82	30.04	
30	Santa Cruz	BCN	28.05	-113.07	28.08	-113.12	400	BWV(e)G	TEMP.ADO SECO	-0.84	20.37	23.45	22.71	23.39	23.88	24.09	20.93	18.48	18.92	35.31
31	Socorro	BCN	30.19	-115.49	30.32	-115.82	28	BWV(e)G	TEMP.ADO SECO	-2.11	15.85	21.60	20.26	22.09	22.45	22.94	18.08	15.03	16.21	28.54
32	Tehuacan	BCN	32.31	-117.02	32.82	-117.03	56	BSW(e)G	TEMP.ADO SECO	-1.62	17.72	22.35	21.30	22.62	23.06	23.42	20.06	16.59	17.43	31.58
33	Tehuacan	BCN	32.31	-117.02	32.82	-117.03	56	BSW(e)G	TEMP.ADO SECO	-1.62	17.72	22.35	21.30	22.62	23.06	23.42	20.06	16.59	17.43	31.58
34	Batavia de los Angeles	BCS	24.38	-111.35	24.63	-111.58	12	BWV(e)G	TEMP.ADO SECO	-0.84	21.36	23.77	23.11	23.61	24.11	24.55	21.35	20.06	30.65	
35	Batavia de los Angeles	BCS	24.38	-111.35	24.63	-111.58	12	BWV(e)G	TEMP.ADO SECO	-0.84	21.36	23.77	23.11	23.61	24.11	24.55	21.35	20.06	30.65	
36	Batavia de los Angeles	BCS	24.38	-111.35	24.63	-111.58	12	BWV(e)G	TEMP.ADO SECO	-0.84	21.36	23.77	23.11	23.61	24.11	24.55	21.35	20.06	30.65	
37	Cabo San Lucas	BCS	22.32	-112.28	22.63	-112.47	30	BWV(e)G	CALDO SECO	-0.4	22.87	23.97	23.58	23.74	24.26	24.56	21.62	22.72	38.95	
38	Comandú	BCS	26.63	-111.50	26.05	-111.83	260	BWV(e)G	CALDO SECO	-0.44	22.39	24.27	23.73	23.95	24.47	24.84	22.08	20.53	39.92	
39	El Reñido	BCS	24.46	-111.43	24.77	-111.72	23	BWV(e)G	CALDO SECO	-0.58	21.73	24.02	23.43	23.78	24.29	24.44	21.71	19.69	31.10	
40	La Paz	BCS	24.10	-110.25	24.17	-110.42	22	BWV(e)G	CALDO SECO	-0.02	23.66	24.62	24.48	24.54	25.11	25.11	21.35	20.51	38.10	
41	La Paz	BCS	24.10	-110.25	24.17	-110.42	22	BWV(e)G	CALDO SECO	-0.02	23.66	24.62	24.48	24.54	25.11	25.11	21.35	20.51	38.10	
42	La Paz	BCS	26.01	-111.21	26.02	-111.21	16	BWV(e)G	CALDO SECO	-0.22	25.82	25.95	24.83	24.56	25.11	25.28	23.57	22.61	22.70	44.74
43	Puerto Cortés	BCS	24.26	-111.52	24.43	-111.67	5	BWV(e)G	CALDO SECO	-0.52	21.87	23.95	23.33	23.73	24.24	24.48	21.60	20.99	40.47	
44	Puerto Cortés	BCS	24.27	-112.06	24.28	-112.10	10	BWV(e)G	CALDO SECO	-0.44	23.02	23.32	22.80	23.43	23.69	24.16	21.02	19.48	37.06	
45	Puerto Cortés	BCS	24.27	-112.06	24.28	-112.10	10	BWV(e)G	CALDO SECO	-0.44	23.02	23.32	22.80	23.43	23.69	24.16	21.02	19.48	37.06	
46	San Juanico	BCS	27.25	-112.50	27.43	-112.83	96	BWV(e)G	TEMP.ADO SECO	-0.62	21.88	24.00	23.40	23.76	24.28	24.40	21.67	19.48	38.82	
47	San Juanico	BCS	25.51	-111.32	25.85	-111.53	435	BWV(e)G	TEMP.ADO SECO	-1.11	18.18	22.66	21.59	22.77	23.22	23.54	19.91	18.82	31.74	
48	San José del Cabo	BCS	23.05	-109.40	23.08	-109.57	72	BWV(e)G	TEMP.ADO SECO	-0.57	22.97	24.22	23.42	23.82	24.22	24.52	22.21	22.34	43.97	
49	San José del Cabo	BCS	23.05	-109.40	23.08	-109.57	72	BWV(e)G	TEMP.ADO SECO	-0.57	22.97	24.22	23.42	23.82	24.22	24.52	22.21	22.34	43.97	
50	San José del Cabo	BCS	23.48	-109.43	23.47	-109.72	125	BWV(e)G	TEMP.ADO SECO	-0.66	22.24	24.13	24.43	24.33	24.67	24.94	21.16	21.34	41.94	
51	La Libertad	BCS	24.48	-110.49	24.80	-110.82	320	BWV(e)G	CALDO SECO	-0.49	22.67	24.33	23.62	23.88	24.40	24.62	21.93	19.17	20.28	38.70
52	Toluca	BCS	25.05	-111.19	25.08	-111.32	160	BWV(e)G	CALDO SECO	-0.33	23.91	24.11	23.54	23.84	24.49	24.49	21.84	19.78	20.09	
53	Toluca	BCS	25.05	-111.19	25.08	-111.32	160	BWV(e)G	CALDO SECO	-0.33	23.91	24.11	23.54	23.84	24.49	24.49	21.84	19.78		

AGRUPACIÓN BIOCLIMÁTICA
DE 700 CIUDADES DE LA REPÚBLICA MEXICANA

file	CIUDAD	EDO	LAT	LONG	LONG Neg	LAT Decimal	LONG Decimal	ALT	CLIMA	BIOCLIMA	Humphreys							Jaurequi					
											Fanger	ET*	Combinado	Ventilación Natural	Artificial	Auliciems	Dear & Brazer	Fernández González	Missenard	ET	Ts+TW	ET	
																						Tc	Tc
PMV		Tc	Tc	Tc	Tn	Toc	Tn	ET	ET														
201	Canatlán	DGO	24.31	104.47	-104.47	24.52	-104.78	1950	BS1kw(w)(e)	SEMIFRIO SECO	-2.11	15.97	21.72	20.42	22.17	22.55	22.97	19.16	14.75	15.40	26.49		
202	Ceballos	DGO	26.32	104.08	-104.08	26.53	-104.13	1188	BWhw(e)	CALIDO SECO	-1	20.14	23.38	22.62	23.33	23.82	24.04	20.83	18.24	18.68	34.69		
203	Centrárrillas	DGO	26.17	106.01	-106.01	26.28	-106.02	2500	Cb(w1)(w)(e)	SEMIFRIO SECO	-3.02	12.39	20.49	18.47	21.26	21.42	22.06	18.55	11.99	13.38	21.45		
204	Ciudad Lerdo	DGO	25.32	103.32	-103.32	25.53	-103.53	1135	BWhw(e)	CALIDO SECO	-0.49	22.09	24.29	23.75	23.96	24.48	24.53	22.10	19.44	19.66	37.16		
205	Durango	DGO	24.02	104.40	-104.40	24.03	-104.67	1900	BS1kw(w)(e)	TEMPLADO SECO	-1.63	17.79	22.45	21.42	22.69	23.13	23.44	19.79	16.28	16.83	30.08		
206	El Cantil	DGO	24.57	106.16	-106.16	24.95	-106.27	2035	Cbm(f)(e)q	SEMIFRIO HÚMEDO	-2.24	15.37	21.45	20.03	21.98	22.32	22.82	18.97	14.63	15.84	27.61		
207	El Salto	DGO	23.47	105.22	-105.22	23.78	-105.37	2538	Cb(w2)(e)	SEMIFRIO	-3.43	10.81	20.06	17.61	20.92	20.92	21.66	18.55	10.61	12.30	18.74		
208	Francisco I. Madero	DGO	24.24	104.19	-104.19	24.40	-104.32	1960	BS1kw(w)(e)	TEMPLADO SECO	-1.76	17.27	22.20	21.09	22.52	22.94	23.30	19.56	16.02	16.76	29.90		
209	Guadalupe Victoria	DGO	24.27	104.08	-104.08	24.45	-104.13	2000	BS0kw(e)	TEMPLADO SECO	-1.58	17.95	22.28	21.46	22.71	23.15	23.48	19.82	16.52	17.16	30.89		
210	Huahuapán	DGO	24.31	105.57	-105.57	24.52	-105.95	1150	BS1kw(w)(e)w*	TEMPLADO	-1.02	20.06	23.34	22.58	23.31	23.80	24.02	20.79	18.23	18.68	34.71		
211	Ignacio Allende	DGO	24.30	103.59	-103.59	24.50	-103.98	1994	BS1kw(w)(e)	TEMPLADO SECO	-1.79	17.16	22.14	21.01	22.48	22.89	23.28	19.51	15.88	16.62	29.55		
212	Mamimi	DGO	25.50	103.51	-103.51	25.83	-103.85	1300	BWhw(w)(e)	SEMIFRIO SECO	-1.44	20.01	22.72	21.78	22.88	23.34	23.62	20.07	16.88	17.41	31.54		
213	Nazas	DGO	25.13	104.07	-104.07	25.22	-104.12	1245	BWhw(w)(e)	CALIDO SECO	-0.72	21.18	23.81	23.17	23.63	24.14	24.30	21.41	19.16	19.53	36.84		
214	Otinapa	DGO	24.05	105.01	-105.01	24.08	-105.02	2400	Cb w1 (e)	SEMIFRIO	-2.75	13.45	20.82	19.05	21.52	21.75	22.33	18.64	12.83	13.93	22.84		
215	Peñón Blanco	DGO	24.47	104.02	-104.02	24.78	-104.03	1945	BS1 kw(w)(e)	TEMPLADO SECO	-1.73	17.4	22.27	21.18	22.56	22.99	23.34	19.62	15.96	16.56	29.40		
216	San Miguel de Lobos	DGO	25.10	105.58	-105.58	25.17	-105.97	2300	Cb(w2)(e)	SEMIFRIO	-3.67	9.8	19.79	17.00	20.69	20.56	21.40	18.64	9.58	12.00	18.00		
217	Santa Bárbara	DGO	23.48	104.54	-104.54	23.80	-104.90	2316	Cb(w2)(e)	SEMIFRIO	-3.1	12.09	20.41	18.33	21.20	21.33	21.98	18.54	11.75	13.17	20.92		
218	Tamazula	DGO	24.58	106.58	-106.58	24.89	-106.97	1580	Aw1(e)	CALIDO	0.29	25.15	25.37	24.70	25.27	25.69	26.27	23.59	22.45	23.59	44.26		
219	Tepic	DGO	25.21	105.43	-105.43	25.35	-105.72	1787	BS1kw(e)	TEMPLADO SECO	-1.78	17.22	22.19	21.08	22.51	22.93	23.29	19.55	15.87	16.52	29.29		
220	Villa Hidalgo	DGO	26.15	104.54	-104.54	26.25	-104.90	1704	BS0kw(w)(e)	TEMPLADO SECO	-2.02	16.27	21.82	20.57	22.25	22.63	23.05	19.24	15.22	16.06	28.14		
221	Acapulco	GRO	16.50	99.56	-99.56	16.83	-99.93	3	Aw1(w)iw*	CALIDO HÚMEDO	1.23	29.79	26.51	26.63	25.51	26.15	26.50	26.59	26.02	26.63	52.08		
222	Agua Salada	GRO	17.11	99.38	-99.38	17.18	-99.63	233	A w0(w)igw*	CALIDO HÚMEDO	1.43	30.09	26.86	27.13	25.76	26.44	26.57	27.54	26.23	26.82	52.54		
223	Ahuéhuépan	GRO	18.21	99.39	-99.39	18.35	-99.65	740	Aw0(w)(i)igw*	CALIDO	0.53	26.21	25.66	25.49	24.90	25.49	25.88	24.58	23.39	25.36	46.39		
224	Atenango del Río	GRO	18.06	99.07	-99.07	18.10	-99.12	626	Aw0(w)(e)q	CALIDO	0.75	26.99	26.01	25.95	25.15	25.76	25.78	25.36	23.88	23.77	47.42		
225	Atzacaco	GRO	17.12	100.26	-100.26	17.30	-100.40	240	BS1(h'w)igw*	CALIDO	1.33	30.88	26.65	26.65	25.61	26.27	26.59	26.96	26.23	26.80	52.51		
226	Avitila	GRO	16.56	99.06	-99.06	16.97	-99.10	360	Aw2(w)(e)q	CALIDO HÚMEDO	1.64	30.59	27.61	27.61	26.81	27.49	27.82	26.56	25.72	26.96	52.34		
227	Ciudad Altamirano	GRO	18.21	100.39	-100.39	18.35	-100.65	250	Aw0(w)(f)q	CALIDO	1.27	29.38	26.67	26.86	25.62	26.28	26.39	27.01	25.70	25.36	51.40		
228	Chilapa	GRO	17.36	99.11	-99.11	17.60	-99.18	1450	(A)Cb w1(w)(f)q	SEMIFRIO	-1.3	18.96	22.84	21.94	22.97	23.43	23.73	20.20	17.62	18.31	33.78		
229	Chilpancingo	GRO	17.33	99.30	-99.30	17.55	-99.50	1360	(A)Cw0(w)(f)w*	TEMPLADO SECO	-0.58	21.66	23.85	23.21	23.66	24.17	24.42	21.46	20.26	20.78	39.95		
230	Copala	GRO	16.37	98.57	-98.57	16.62	-98.95	40	A w1(w) igw*	CALIDO HÚMEDO	0.53	16.28	25.62	25.43	24.88	25.46	25.63	24.50	23.64	25.59	46.97		
231	El Manchón	GRO	18.08	101.02	-101.02	18.13	-101.03	1400	(A)Cw2(w)(f)q	TEMPLADO HÚMEDO	-0.5	22.04	24.06	23.47	23.80	24.32	24.52	21.76	20.22	20.62	39.54		
232	Hueytlaltenango	GRO	17.21	99.03	-99.03	17.45	-99.05	2085	Aw1(w)(f)q	SEMIFRIO HÚMEDO	0.85	24.03	25.53	23.44	23.94	24.17	24.53	21.03	19.21	19.76	37.47		
233	Ixtapa	GRO	18.22	99.33	-99.33	18.37	-99.55	635	Aw2(w)(f)q	CALIDO HÚMEDO	0.58	26.43	25.73	25.58	24.95	25.64	24.74	23.53	23.47	46.68			
234	Malinaltepec	GRO	17.03	98.40	-98.40	17.05	-98.67	1680	(A)Cw2(w)ig	TEMPLADO HÚMEDO	-0.9	20.47	23.46	22.73	23.39	23.89	24.12	20.94	18.85	19.37	36.42		
235	Olinálá	GRO	17.47	98.44	-98.44	17.78	-98.73	1420	Aw1(w)(f)q	TEMPLADO HÚMEDO	-0.46	22.2	24.20	23.64	23.90	24.42	24.56	21.97	20.10	20.41	39.03		
236	Quetzala	GRO	16.40	99.31	-99.31	16.67	-99.52	50	Aw1(w)igw*	CALIDO HÚMEDO	1	28.5	26.24	26.26	25.32	25.94	26.17	25.91	25.12	24.86	50.16		
237	Rancho Nuevo	GRO	17.26	101.11	-101.11	17.43	-101.18	50	A w0(w)i	CALIDO	0.89	28.29	26.05	26.26	25.18	25.79	26.11	25.46	25.05	24.81	50.03		
238	San Jerónimo Petatlán	GRO	17.31	99.36	-99.36	17.52	-99.60	80	A w0(w)iw*	CALIDO	0.53	26.26	25.63	25.45	24.88	25.46	25.80	24.52	23.40	23.37	46.42		
239	San Luis y San Pedro	GRO	17.18	100.24	-100.24	17.30	-100.40	70	A w0(w)igw*	CALIDO	1.03	28.88	26.24	26.26	25.31	25.94	26.26	25.90	25.41	25.12	50.79		
240	Taxco	GRO	19.59	99.36	-99.36	19.88	-99.60	1735	(A)Cw0(w)(f)igw*	TEMPLADO HÚMEDO	-0.62	24.54	26.67	26.67	25.67	26.18	26.49	25.99	25.67	26.19	50.68		
241	Teloloapan	GRO	18.22	99.52	-99.52	18.37	-99.87	1660	(A)Cw2(w)ig	TEMPLADO HÚMEDO	-0.51	21.99	24.07	23.49	23.81	24.33	24.51	21.78	20.13	20.50	39.26		
242	Tixtla	GRO	17.33	99.18	-99.18	17.55	-99.30	1445	Aw0(w)igw*	TEMPLADO HÚMEDO	-0.67	21.37	23.86	23.22	23.66	24.17	24.35	21.47	19.52	19.93	37.82		
243	Tlaxiapa	GRO	17.33	98.33	-98.33	17.55	-98.55	1270	BS1(h'w)(w)(f)igw*	CALIDO	0.48	25.94	25.59	25.40	24.86	25.44	25.51	24.45	23.07	23.06	45.65		
244	Zihuatanejo	GRO	17.38	101.33	-101.33	17.63	-101.55	80	Aw0(w)igw*	CALIDO HÚMEDO	0.85	28.38	26.02	25.96	25.16	25.76	26.03	25.38	24.82	24.61	49.54		
245	Zimapan del Río	GRO	17.39	99.32	-99.32	17.65	-99.53	1096	BS1(h'w)(w)(f)igw*	TEMPLADO	0.02	24.15	24.87	24.48	24.36	24.90	25.06	23.06	21.77	21.94	42.86		
246	Abasco	GTO	20.27	101.32	-101.32	20.45	-101.53	1708	(A)Ca(w0)(w)(e)q	TEMPLADO	-1.1	19.76	23.21	22.41	23.22	23.70	23.94	20.62	17.98	18.47	34.17		
247	Acámbaro	GTO	20.43	100.43	-100.43	20.62	-100.62	1850	Cb(w1)(w)(e)q	TEMPLADO	-1.23	18.59	22.69	22.63	23.09	23.57	23.85	20.69	16.95	17.89	30.27		
248	Aldama	GTO	20.49	101.19	-101.19	20.82	-101.32	1775	(A)Ca(w0)(w)(e)q	TEMPLADO SECO	-1.13	19.67	23.16	22.35	23.19	23.67	23.92	20.57	17.91	18.41	34.03		
249	Apaseo el Alto	GTO	20.27	100.37	-100.37	20.45	-100.62	1850	(A)Ca(w0)(w)(e)q	TEMPLADO	-1.22	19.3	22.99	22.13	23.54	23.82	24.07	19.67	18.24	18.44	33.60		
250	Celaya	GTO	20.31	100.49	-100.49	20.52	-100.82	1754	BS1hw(w)(e)q	TEMPLADO SECO	-1.52	18.16	22.55	21.56	22.76	23.21	23.53	19.89	16.72	17.36	31.39		
251	Comonfort	GTO	20.43	100.46	-100.46	20.72	-100.77	1790	(A)Ca(w0)(w)(e)	TEMPLADO SECO	-1.48	18.34	22.62	21.65	22.81	23.26	23.58	19.96	16.76	17.34	31.36		
252	Dolores Hidalgo	GTO	21.09	100.56	-100.56	21.15	-100.93	1920	BS1hw(w)(f)q	SEMIFRIO SECO	-1.77	17.24	22.20	21.09	22.52	22.94	23.30	19.56	15.92	16.60	29.49		
253	Guadalupe	GTO	21.01	101.15	-101.15	21.02	-101.25	2037	Cb(w0)(w)(e)igw*	TEMPLADO	-1.6	17.91	22.46	21.44	22.70	23.14	23.47	19.80	16.35	16.93	30.33		
254	Inapacato	GTO	20.41	101.21	-101.21	20.55	-101.45	1725	(A)Cb(w0)(w)(e)q	TEMPLADO	-0.81	20.83	23.62	22.93	23.50	24.00	24.21	21.15	18.98	19.42	36.55		
255	Jerécuaro	GTO	20.08	100.31	-100.31	20																	

AGROPACION BIOLIMATICA
DE PRODUCTORES DE LA REPUBLICA AMERICANA

ID	CUIDADO	EEO	LAT	LONG	LONG	LAT	LONG	ALT	CLIMA	BOCQUIMA	Intemperal												
											Fanger	ET*	Combinado	Intemperal	Artificial	Autoterm	Dieta & Drenaje	Fermentacion	Mismedido	ET	18-19V		
286	2 America	JAL	20.16	-104.14	-104.03	20.55	-104.03	1400	(ACQUW)W(WE)	TEMPARAO	-0.64	21.5	23.92	23.31	23.17	23.22	23.49	23.98	24.17	21.52	19.42	19.78	37.45
287	2 America	JAL	20.33	-102.31	-102.31	20.55	-102.32	1400	(ACQUW)W(WE)	TEMPARAO	-0.88	20.89	23.24	22.90	23.49	23.62	23.69	24.17	21.52	20.66	18.74	18.76	35.95
288	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-1.06	19.89	22.54	22.45	23.34	23.72	23.97	23.97	20.66	18.14	18.56	34.61	
289	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-0.01	24.04	24.43	24.43	24.33	24.87	25.03	25.03	22.89	22.89	21.70	18.56	42.70
290	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	0.05	24.13	25.03	24.88	24.47	25.02	25.05	25.05	23.38	21.56	21.56	42.22	
291	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	0.05	24.13	25.03	24.88	24.47	25.02	25.05	25.05	23.38	21.56	21.56	42.22	
292	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	0.05	24.13	25.03	24.88	24.47	25.02	25.05	25.05	23.38	21.56	21.56	42.22	
293	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	0.05	24.13	25.03	24.88	24.47	25.02	25.05	25.05	23.38	21.56	21.56	42.22	
294	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-0.95	20.28	22.34	22.86	22.92	23.38	23.72	23.72	20.14	17.57	18.32	33.79	
295	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-1.32	20.28	22.34	22.86	22.92	23.38	23.72	23.72	20.14	17.57	18.32	33.79	
296	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-1.17	19.48	22.28	22.28	23.15	23.62	23.67	23.67	20.50	17.65	18.38	33.95	
297	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-1.58	17.95	22.47	21.46	22.71	23.15	23.46	23.46	19.82	16.51	17.14	30.55	
298	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-1.46	18.41	21.11	23.79	23.14	23.62	24.12	24.28	21.38	19.18	19.18	29.54	
299	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-0.74	21.11	23.79	23.14	23.62	24.12	24.28	24.28	21.38	19.18	19.18	29.54	
300	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-1.46	18.41	21.11	23.79	23.14	23.62	24.12	24.28	21.38	19.18	19.18	29.54	
301	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-1.63	17.75	22.29	21.34	22.84	23.08	23.43	23.43	19.73	16.34	16.99	30.49	
302	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-1.78	17.18	22.14	21.00	22.47	22.89	23.28	23.28	19.50	15.90	16.67	29.67	
303	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-1.78	17.18	22.14	21.00	22.47	22.89	23.28	23.28	19.50	15.90	16.67	29.67	
304	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-1.78	17.18	22.14	21.00	22.47	22.89	23.28	23.28	19.50	15.90	16.67	29.67	
305	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-1.78	17.18	22.14	21.00	22.47	22.89	23.28	23.28	19.50	15.90	16.67	29.67	
306	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-1.78	17.18	22.14	21.00	22.47	22.89	23.28	23.28	19.50	15.90	16.67	29.67	
307	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-1.78	17.18	22.14	21.00	22.47	22.89	23.28	23.28	19.50	15.90	16.67	29.67	
308	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-1.78	17.18	22.14	21.00	22.47	22.89	23.28	23.28	19.50	15.90	16.67	29.67	
309	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-1.78	17.18	22.14	21.00	22.47	22.89	23.28	23.28	19.50	15.90	16.67	29.67	
310	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-1.78	17.18	22.14	21.00	22.47	22.89	23.28	23.28	19.50	15.90	16.67	29.67	
311	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-1.78	17.18	22.14	21.00	22.47	22.89	23.28	23.28	19.50	15.90	16.67	29.67	
312	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-1.78	17.18	22.14	21.00	22.47	22.89	23.28	23.28	19.50	15.90	16.67	29.67	
313	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-1.78	17.18	22.14	21.00	22.47	22.89	23.28	23.28	19.50	15.90	16.67	29.67	
314	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-1.78	17.18	22.14	21.00	22.47	22.89	23.28	23.28	19.50	15.90	16.67	29.67	
315	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-1.78	17.18	22.14	21.00	22.47	22.89	23.28	23.28	19.50	15.90	16.67	29.67	
316	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-1.78	17.18	22.14	21.00	22.47	22.89	23.28	23.28	19.50	15.90	16.67	29.67	
317	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-1.78	17.18	22.14	21.00	22.47	22.89	23.28	23.28	19.50	15.90	16.67	29.67	
318	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-1.78	17.18	22.14	21.00	22.47	22.89	23.28	23.28	19.50	15.90	16.67	29.67	
319	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-1.78	17.18	22.14	21.00	22.47	22.89	23.28	23.28	19.50	15.90	16.67	29.67	
320	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-1.78	17.18	22.14	21.00	22.47	22.89	23.28	23.28	19.50	15.90	16.67	29.67	
321	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-1.78	17.18	22.14	21.00	22.47	22.89	23.28	23.28	19.50	15.90	16.67	29.67	
322	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-1.78	17.18	22.14	21.00	22.47	22.89	23.28	23.28	19.50	15.90	16.67	29.67	
323	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-1.78	17.18	22.14	21.00	22.47	22.89	23.28	23.28	19.50	15.90	16.67	29.67	
324	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-1.78	17.18	22.14	21.00	22.47	22.89	23.28	23.28	19.50	15.90	16.67	29.67	
325	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-1.78	17.18	22.14	21.00	22.47	22.89	23.28	23.28	19.50	15.90	16.67	29.67	
326	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-1.78	17.18	22.14	21.00	22.47	22.89	23.28	23.28	19.50	15.90	16.67	29.67	
327	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-1.78	17.18	22.14	21.00	22.47	22.89	23.28	23.28	19.50	15.90	16.67	29.67	
328	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-1.78	17.18	22.14	21.00	22.47	22.89	23.28	23.28	19.50	15.90	16.67	29.67	
329	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-1.78	17.18	22.14	21.00	22.47	22.89	23.28	23.28	19.50	15.90	16.67	29.67	
330	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-1.78	17.18	22.14	21.00	22.47	22.89	23.28	23.28	19.50	15.90	16.67	29.67	
331	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-1.78	17.18	22.14	21.00	22.47	22.89	23.28	23.28	19.50	15.90	16.67	29.67	
332	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SECO	-1.78	17.18	22.14	21.00	22.47	22.89	23.28	23.28	19.50	15.90	16.67	29.67	
333	2 Adolfo	JAL	19.46	-104.22	-104.22	19.77	-104.37	600	BS(W)W(WE)	CAIDDO SE													

AGRUPACION BIOLIMNATICA
DE 700 CIUDADES DE LA REPUBLICA MEXICANA

No.	CIUDADO	EEO	LAT	LONG	LONG	LAT	LONG	ALT	CLIMA	BIOCIMA	Insectos						Aves		Mammals		Jueves	
											PMV	ET	Combinado	Natural	Artificial	Aquaticos	Dear & Bearer	Primitivo	Missusard	ET	ET	Tx+TW
350	Amatitlan	MOR	18.55	-98.54	18.55	-98.54	18.55	18.55	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	0.34	18.15	23.72	29.45	29.17	29.55	29.02	18.16	18.54	18.54	36.80	
351	Amatitlan	MOR	18.56	-98.54	18.56	-98.54	18.56	18.56	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	-0.07	20.25	23.72	29.45	29.17	29.55	29.02	18.16	18.54	18.54	36.80	
352	Amatitlan	MOR	18.57	-98.57	18.57	-98.57	18.57	18.57	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	-0.12	23.56	24.73	24.31	24.57	24.91	24.55	24.04	21.27	21.27	21.27	41.67
353	Amatitlan	MOR	18.58	-98.54	18.58	-98.54	18.58	18.58	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	-0.68	21.36	23.61	23.16	23.63	24.14	24.31	24.14	19.71	20.17	20.17	38.43
354	Amatitlan	MOR	18.59	-98.54	18.59	-98.54	18.59	18.59	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	0.34	21.59	20.34	18.19	21.15	21.25	21.94	18.53	11.56	13.10	20.75	
355	Amatitlan	MOR	18.60	-98.54	18.60	-98.54	18.60	18.60	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	0.03	24.09	24.56	24.59	24.42	24.97	25.04	23.21	21.62	21.66	42.16	
356	Amatitlan	MOR	18.61	-98.54	18.61	-98.54	18.61	18.61	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	-0.15	22.88	24.59	24.59	24.58	24.74	24.74	24.74	22.52	22.51	30.15	
357	Amatitlan	MOR	18.62	-98.54	18.62	-98.54	18.62	18.62	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	-0.12	23.59	24.68	24.24	24.23	24.76	24.92	22.73	21.40	21.62	42.06	
358	Amatitlan	MOR	18.63	-98.54	18.63	-98.54	18.63	18.63	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	0.3	22.63	23.99	24.08	24.08	24.72	24.72	22.40	22.40	20.88	40.20	
359	Amatitlan	MOR	18.64	-98.54	18.64	-98.54	18.64	18.64	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	-0.15	22.88	24.59	24.59	24.58	24.74	24.74	22.52	22.51	30.15		
360	Amatitlan	MOR	18.65	-98.54	18.65	-98.54	18.65	18.65	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	-0.14	24.71	24.28	24.25	24.79	24.87	24.87	22.79	20.99	21.19	49.98	
361	Amatitlan	MOR	18.66	-98.54	18.66	-98.54	18.66	18.66	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	-0.57	21.76	24.04	23.45	23.79	24.30	24.45	19.76	20.11	38.28		
362	Amatitlan	MOR	18.67	-98.54	18.67	-98.54	18.67	18.67	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	-0.69	9.79	18.83	17.06	20.72	20.61	21.40	18.62	9.75	10.49	16.74	
363	Amatitlan	MOR	18.68	-98.54	18.68	-98.54	18.68	18.68	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	-0.93	20.38	23.40	22.78	23.41	23.90	24.10	20.97	18.59	19.04	35.59	
364	Amatitlan	MOR	18.69	-98.54	18.69	-98.54	18.69	18.69	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	0.35	22.43	22.41	22.16	22.73	23.00	23.41	22.78	22.81	22.81	46.03	
365	Amatitlan	MOR	18.70	-98.54	18.70	-98.54	18.70	18.70	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	-0.24	23.06	24.52	24.04	24.12	24.65	24.78	22.47	20.95	21.21	41.03	
366	Amatitlan	MOR	18.71	-98.54	18.71	-98.54	18.71	18.71	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	-0.51	21.99	24.16	23.60	23.88	24.39	24.51	21.62	19.78	20.08	38.21	
367	Amatitlan	MOR	18.72	-98.54	18.72	-98.54	18.72	18.72	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	0.62	28.67	28.75	28.67	28.67	28.75	28.75	23.72	23.64	47.11		
368	Amatitlan	MOR	18.73	-98.54	18.73	-98.54	18.73	18.73	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	0.95	28.51	25.65	25.46	25.46	25.49	25.66	24.57	23.71	23.65	47.11	
369	Amatitlan	MOR	18.74	-98.54	18.74	-98.54	18.74	18.74	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	0.46	25.38	25.65	25.28	24.73	25.37	25.52	23.20	23.20	46.53		
370	Amatitlan	MOR	18.75	-98.54	18.75	-98.54	18.75	18.75	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	0.53	28.21	25.64	25.46	24.89	25.47	25.58	24.54	23.33	23.33	46.32	
371	Amatitlan	MOR	18.76	-98.54	18.76	-98.54	18.76	18.76	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	0.64	28.58	25.73	25.55	25.55	25.78	25.78	24.54	24.00	48.01		
372	Amatitlan	MOR	18.77	-98.54	18.77	-98.54	18.77	18.77	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	-0.14	19.72	23.19	22.39	23.21	23.68	23.93	18.14	18.69	34.73		
373	Amatitlan	MOR	18.78	-98.54	18.78	-98.54	18.78	18.78	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	-0.18	19.72	23.19	22.39	23.21	23.68	23.93	18.14	18.69	34.73		
374	Amatitlan	MOR	18.79	-98.54	18.79	-98.54	18.79	18.79	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	-0.69	9.79	18.83	17.06	20.72	20.61	21.40	18.62	9.75	10.49	16.74	
375	Amatitlan	MOR	18.80	-98.54	18.80	-98.54	18.80	18.80	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	-0.93	20.38	23.40	22.78	23.41	23.90	24.10	20.97	18.59	19.04	35.59	
376	Amatitlan	MOR	18.81	-98.54	18.81	-98.54	18.81	18.81	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	0.35	22.43	22.41	22.16	22.73	23.00	23.41	22.78	22.81	22.81	46.03	
377	Amatitlan	MOR	18.82	-98.54	18.82	-98.54	18.82	18.82	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	-0.24	23.06	24.52	24.04	24.12	24.65	24.78	22.47	20.95	21.21	41.03	
378	Amatitlan	MOR	18.83	-98.54	18.83	-98.54	18.83	18.83	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	-0.51	21.99	24.16	23.60	23.88	24.39	24.51	21.62	19.78	20.08	38.21	
379	Amatitlan	MOR	18.84	-98.54	18.84	-98.54	18.84	18.84	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	0.62	28.67	28.75	28.67	28.67	28.75	28.75	23.72	23.64	47.11		
380	Amatitlan	MOR	18.85	-98.54	18.85	-98.54	18.85	18.85	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	0.95	28.51	25.65	25.46	25.46	25.49	25.66	24.57	23.71	23.65	47.11	
381	Amatitlan	MOR	18.86	-98.54	18.86	-98.54	18.86	18.86	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	0.46	25.38	25.65	25.28	24.73	25.37	25.52	23.20	23.20	46.53		
382	Amatitlan	MOR	18.87	-98.54	18.87	-98.54	18.87	18.87	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	0.53	28.21	25.64	25.46	24.89	25.47	25.58	24.54	23.33	23.33	46.32	
383	Amatitlan	MOR	18.88	-98.54	18.88	-98.54	18.88	18.88	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	0.64	28.58	25.73	25.55	25.55	25.78	25.78	24.54	24.00	48.01		
384	Amatitlan	MOR	18.89	-98.54	18.89	-98.54	18.89	18.89	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	-0.14	19.72	23.19	22.39	23.21	23.68	23.93	18.14	18.69	34.73		
385	Amatitlan	MOR	18.90	-98.54	18.90	-98.54	18.90	18.90	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	-0.18	19.72	23.19	22.39	23.21	23.68	23.93	18.14	18.69	34.73		
386	Amatitlan	MOR	18.91	-98.54	18.91	-98.54	18.91	18.91	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	-0.69	9.79	18.83	17.06	20.72	20.61	21.40	18.62	9.75	10.49	16.74	
387	Amatitlan	MOR	18.92	-98.54	18.92	-98.54	18.92	18.92	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	-0.93	20.38	23.40	22.78	23.41	23.90	24.10	20.97	18.59	19.04	35.59	
388	Amatitlan	MOR	18.93	-98.54	18.93	-98.54	18.93	18.93	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	0.35	22.43	22.41	22.16	22.73	23.00	23.41	22.78	22.81	22.81	46.03	
389	Amatitlan	MOR	18.94	-98.54	18.94	-98.54	18.94	18.94	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	-0.24	23.06	24.52	24.04	24.12	24.65	24.78	22.47	20.95	21.21	41.03	
390	Amatitlan	MOR	18.95	-98.54	18.95	-98.54	18.95	18.95	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	-0.51	21.99	24.16	23.60	23.88	24.39	24.51	21.62	19.78	20.08	38.21	
391	Amatitlan	MOR	18.96	-98.54	18.96	-98.54	18.96	18.96	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	0.62	28.67	28.75	28.67	28.67	28.75	28.75	23.72	23.64	47.11		
392	Amatitlan	MOR	18.97	-98.54	18.97	-98.54	18.97	18.97	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	0.95	28.51	25.65	25.46	25.46	25.49	25.66	24.57	23.71	23.65	47.11	
393	Amatitlan	MOR	18.98	-98.54	18.98	-98.54	18.98	18.98	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	0.46	25.38	25.65	25.28	24.73	25.37	25.52	23.20	23.20	46.53		
394	Amatitlan	MOR	18.99	-98.54	18.99	-98.54	18.99	18.99	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	0.53	28.21	25.64	25.46	24.89	25.47	25.58	24.54	23.33	23.33	46.32	
395	Amatitlan	MOR	19.00	-98.54	19.00	-98.54	19.00	19.00	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	0.64	28.58	25.73	25.55	25.55	25.78	25.78	24.54	24.00	48.01		
396	Amatitlan	MOR	19.01	-98.54	19.01	-98.54	19.01	19.01	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	-0.14	19.72	23.19	22.39	23.21	23.68	23.93	18.14	18.69	34.73		
397	Amatitlan	MOR	19.02	-98.54	19.02	-98.54	19.02	19.02	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	-0.18	19.72	23.19	22.39	23.21	23.68	23.93	18.14	18.69	34.73		
398	Amatitlan	MOR	19.03	-98.54	19.03	-98.54	19.03	19.03	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	-0.69	9.79	18.83	17.06	20.72	20.61	21.40	18.62	9.75	10.49	16.74	
399	Amatitlan	MOR	19.04	-98.54	19.04	-98.54	19.04	19.04	TEMPERADO HUMEDO	SEMIERMO HUMEDO	-0.93	20.38	23.40	22.78	23.41	23.90	24.10	20.97	1			

AGRUPACION BIOClimATICA
DE 700 CIUDADES DE LA REPUBLICA MEXICANA

No.	CIUDADE	EEO	LAT	LONG	LONG	LONG	LONG	ALT	CLIMA	BIOClima	Humedades										Inhumid	
											Fangor	ET	Combinado	Humidex Natural	Artificial	Audientes	Dear 4	Formosa	Miseraad	ET	T+TW	
487	Amecameca	CHCO	20.11	-100.09	20.18	-100.15	20.20	2820	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	-2.34	16.06	21.32	18.93	21.98	22.21	22.74	18.89	14.07	15.03	25.58	
488	Amecameca	CHCO	20.11	-100.09	20.18	-100.15	20.20	2820	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	-1.68	17.57	22.32	21.25	22.60	22.50	22.62	18.67	16.26	16.97	30.92	
490	Amecameca	CHCO	20.17	-100.03	20.72	-100.05	19.85	1880	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	-1.79	17.15	22.14	21.01	22.48	22.89	23.27	19.51	15.83	16.54	29.55	
501	Amecameca	CHCO	20.24	-100.06	20.40	-100.10	19.50	1950	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	-1.57	17.98	22.49	21.48	22.72	23.16	22.46	19.83	16.33	17.30	31.25	
502	Amecameca	CHCO	20.31	-100.10	20.10	-100.17	19.20	2000	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	-1.82	17.04	22.10	20.95	22.44	22.86	22.25	19.47	16.71	16.42	29.04	
503	Amecameca	CHCO	20.35	-100.14	20.12	-100.17	19.20	2000	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	-2.69	13.68	20.91	19.19	21.98	21.83	22.39	18.68	13.10	14.25	23.64	
504	Amecameca	CHCO	20.35	-100.14	20.12	-100.17	19.20	2000	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	-1.81	17.89	22.85	21.40	22.68	22.88	23.12	19.77	16.45	17.11	30.78	
505	Amecameca	CHCO	20.35	-100.14	20.12	-100.17	19.20	2000	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	-1.81	17.89	22.85	21.40	22.68	22.88	23.12	19.77	16.45	17.11	30.78	
506	Amecameca	CHCO	20.35	-100.14	20.12	-100.17	19.20	2000	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	-1.81	17.89	22.85	21.40	22.68	22.88	23.12	19.77	16.45	17.11	30.78	
507	Amecameca	CHCO	20.35	-100.14	20.12	-100.17	19.20	2000	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	-1.31	18.42	21.87	20.84	22.02	22.49	23.05	20.29	17.28	17.78	32.46	
508	Amecameca	CHCO	20.23	-100.00	20.38	-100.00	19.30	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	-1.96	16.49	21.82	20.64	22.28	22.67	23.10	19.28	15.38	16.24	29.59	
509	Amecameca	CHCO	20.34	-100.16	20.30	-100.16	19.30	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	-0.94	20.36	23.91	22.65	23.58	23.85	24.08	20.68	18.38	18.80	35.01	
510	Amecameca	CHCO	20.34	-100.16	20.30	-100.16	19.30	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	-0.94	20.36	23.91	22.65	23.58	23.85	24.08	20.68	18.38	18.80	35.01	
511	Amecameca	CHCO	20.34	-100.16	20.30	-100.16	19.30	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	-0.94	20.36	23.91	22.65	23.58	23.85	24.08	20.68	18.38	18.80	35.01	
512	Amecameca	CHCO	20.30	-100.16	20.30	-100.16	19.30	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	0.66	27.33	25.69	25.52	24.92	25.51	25.67	25.87	24.64	24.33	43.77	
513	Amecameca	CHCO	20.30	-100.16	20.30	-100.16	19.30	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	0.88	26.69	25.67	25.50	25.12	25.72	26.27	26.25	25.05	24.92	40.74	
514	Amecameca	CHCO	20.30	-100.16	20.30	-100.16	19.30	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	0.88	26.69	25.67	25.50	25.12	25.72	26.27	26.25	25.05	24.92	40.74	
515	Amecameca	CHCO	21.07	-100.30	21.12	-100.30	20.20	1880	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	0.32	25.39	24.62	24.65	24.67	25.24	25.37	25.90	22.84	22.89	45.52	
516	Amecameca	CHCO	20.59	-100.37	20.98	-100.37	19.20	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	0.12	24.55	25.00	24.64	24.45	25.00	25.18	23.29	22.14	22.28	43.70	
517	Amecameca	CHCO	20.59	-100.37	20.98	-100.37	19.20	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	0.12	24.55	25.00	24.64	24.45	25.00	25.18	23.29	22.14	22.28	43.70	
518	Amecameca	CHCO	20.52	-100.33	20.83	-100.33	19.20	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	1.02	28.97	25.29	25.36	25.30	25.80	26.28	25.87	25.62	23.80	51.22	
519	Amecameca	CHCO	19.36	-100.35	19.60	-100.35	18.58	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	0.58	28.51	25.70	25.53	24.83	25.42	25.66	24.68	23.67	23.61	47.02	
520	Amecameca	CHCO	20.11	-100.16	20.18	-100.16	19.30	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	0.75	27.28	25.84	25.73	25.03	25.63	25.88	24.98	23.91	23.81	47.53	
521	Amecameca	CHCO	20.11	-100.16	20.18	-100.16	19.30	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	0.36	25.42	25.42	25.17	24.74	25.31	25.38	24.09	22.63	22.67	44.88	
522	Amecameca	CHCO	20.11	-100.16	20.18	-100.16	19.30	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	0.18	24.63	25.21	24.81	24.59	25.15	25.18	23.68	21.87	21.97	42.82	
523	Amecameca	CHCO	20.25	-100.41	20.42	-100.41	19.50	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	0.35	25.37	25.42	25.17	24.74	25.31	25.37	24.09	22.63	22.67	44.88	
524	Amecameca	CHCO	20.25	-100.41	20.42	-100.41	19.50	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	0.35	25.37	25.42	25.17	24.74	25.31	25.37	24.09	22.63	22.67	44.88	
525	Amecameca	CHCO	20.25	-100.41	20.42	-100.41	19.50	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	0.35	25.37	25.42	25.17	24.74	25.31	25.37	24.09	22.63	22.67	44.88	
526	Amecameca	CHCO	20.25	-100.41	20.42	-100.41	19.50	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	0.35	25.37	25.42	25.17	24.74	25.31	25.37	24.09	22.63	22.67	44.88	
527	Amecameca	CHCO	20.25	-100.41	20.42	-100.41	19.50	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	0.35	25.37	25.42	25.17	24.74	25.31	25.37	24.09	22.63	22.67	44.88	
528	Amecameca	CHCO	20.25	-100.41	20.42	-100.41	19.50	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	0.35	25.37	25.42	25.17	24.74	25.31	25.37	24.09	22.63	22.67	44.88	
529	Amecameca	CHCO	20.25	-100.41	20.42	-100.41	19.50	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	0.35	25.37	25.42	25.17	24.74	25.31	25.37	24.09	22.63	22.67	44.88	
530	Amecameca	CHCO	20.25	-100.41	20.42	-100.41	19.50	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	0.35	25.37	25.42	25.17	24.74	25.31	25.37	24.09	22.63	22.67	44.88	
531	Amecameca	CHCO	20.25	-100.41	20.42	-100.41	19.50	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	0.35	25.37	25.42	25.17	24.74	25.31	25.37	24.09	22.63	22.67	44.88	
532	Amecameca	CHCO	20.25	-100.41	20.42	-100.41	19.50	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	0.35	25.37	25.42	25.17	24.74	25.31	25.37	24.09	22.63	22.67	44.88	
533	Amecameca	CHCO	20.25	-100.41	20.42	-100.41	19.50	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	0.35	25.37	25.42	25.17	24.74	25.31	25.37	24.09	22.63	22.67	44.88	
534	Amecameca	CHCO	20.25	-100.41	20.42	-100.41	19.50	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	0.35	25.37	25.42	25.17	24.74	25.31	25.37	24.09	22.63	22.67	44.88	
535	Amecameca	CHCO	20.25	-100.41	20.42	-100.41	19.50	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	0.35	25.37	25.42	25.17	24.74	25.31	25.37	24.09	22.63	22.67	44.88	
536	Amecameca	CHCO	20.25	-100.41	20.42	-100.41	19.50	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	0.35	25.37	25.42	25.17	24.74	25.31	25.37	24.09	22.63	22.67	44.88	
537	Amecameca	CHCO	20.25	-100.41	20.42	-100.41	19.50	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	0.35	25.37	25.42	25.17	24.74	25.31	25.37	24.09	22.63	22.67	44.88	
538	Amecameca	CHCO	20.25	-100.41	20.42	-100.41	19.50	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	0.35	25.37	25.42	25.17	24.74	25.31	25.37	24.09	22.63	22.67	44.88	
539	Amecameca	CHCO	20.25	-100.41	20.42	-100.41	19.50	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	0.35	25.37	25.42	25.17	24.74	25.31	25.37	24.09	22.63	22.67	44.88	
540	Amecameca	CHCO	20.25	-100.41	20.42	-100.41	19.50	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	0.35	25.37	25.42	25.17	24.74	25.31	25.37	24.09	22.63	22.67	44.88	
541	Amecameca	CHCO	20.25	-100.41	20.42	-100.41	19.50	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	0.35	25.37	25.42	25.17	24.74	25.31	25.37	24.09	22.63	22.67	44.88	
542	Amecameca	CHCO	20.25	-100.41	20.42	-100.41	19.50	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	0.35	25.37	25.42	25.17	24.74	25.31	25.37	24.09	22.63	22.67	44.88	
543	Amecameca	CHCO	20.25	-100.41	20.42	-100.41	19.50	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	0.35	25.37	25.42	25.17	24.74	25.31	25.37	24.09	22.63	22.67	44.88	
544	Amecameca	CHCO	20.25	-100.41	20.42	-100.41	19.50	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	0.35	25.37	25.42	25.17	24.74	25.31	25.37	24.09	22.63	22.67	44.88	
545	Amecameca	CHCO	20.25	-100.41	20.42	-100.41	19.50	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	0.35	25.37	25.42	25.17	24.74	25.31	25.37	24.09	22.63	22.67	44.88	
546	Amecameca	CHCO	20.25	-100.41	20.42	-100.41	19.50	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO	0.35	25.37	25.42	25.17	24.74	25.31	25.37	24.09	22.63	22.67	44.88	
547	Amecameca	CHCO	20.25	-100.41	20.42	-100.41	19.50	1920	BSM(W)/B	SEMIHIJDO												

Víctor Armando Fuentes Freixanet

CURRICULUM VITAE

Estudios profesionales a nivel licenciatura en **Arquitectura** en la U.N.A.M. ENEP- Acatlán donde obtiene el grado de licenciatura con *mención honorífica* en septiembre de 1981.

De 1981 a 1984 Profesor de la U.N.A.M. E.N.E.P. Acatlán;

Desde 1984 a la fecha, Profesor - investigador titular del Departamento de Medio Ambiente para el Diseño de la División de Ciencias y Artes para el Diseño de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco.

En 1987 realiza estudios de posgrado a nivel actualización en *Planificación y Medio Ambiente* a través de la Organización de Estados Americanos de la ONU, en Venezuela.

En el año de 1993 realiza estudios de posgrado a nivel especialización en *Diseño Ambiental* (área de *arquitectura bioclimática*) en la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco, obteniendo el diploma de especialista en 1997 con *mención honorífica*.

Estudios de Maestría en Diseño – Línea en Arquitectura Bioclimática en la Universidad Autónoma Metropolitana. (Estudios 2000-2001) Obtiene el título de Maestro en Diseño en enero del 2002.

Actualmente está realizando estudios de Doctorado en *Diseño* con el 50% de los créditos aprobados (etapa de tesis doctoral).

Ha vinculado la actividad universitaria con la actividad profesional, realizando sobre todo proyectos de obra pública y de interés social. Entre los proyectos arquitectónicos más importantes desarrollados están: El Edificio de Laboratorios y Talleres de Diseño, de la UAM-A y El Edificio de Servicios de Cómputo y Sistemas Escolares de la UAM-A. Además de ser asesor y consultor privado en el área de diseño bioclimático.

Entre sus premios y distinciones obtuvo MENCIÓN HONORÍFICA en el Premio Nacional del "*Medio Ambiente*" SERFIN. En julio de 1986. y el PRIMER LUGAR Nacional del premio de "*Ahorro de Energía*", Comisión Federal de Electricidad (FIDE) en 1994, junto con el grupo de Ahorro de Energía de la U.A.M.-A.

Ha participado en múltiples congresos nacionales e internacionales. Como resultado de sus investigaciones ha publicado varios artículos y libros.

Las publicaciones más importantes son:

Lacomba, Ruth, **Fuentes Freixanet Víctor**, et. al.

MANUAL DE ARQUITECTURA SOLAR, Editorial TRILLAS. 292 p. Participación con el capítulo "Arquitectura y Energía: *CONTROL TÉRMICO DE EDIFICACIONES*" p. 215-233. México. D.F. 1991

García Ch, José R. y **Fuentes Freixanet Víctor**.

VIENTO Y ARQUITECTURA.

Editorial Trillas, 196 pp. México, D.F. 1996.

García Ch, José R. y **Fuentes Freixanet Víctor**.
ARQUITECTURA Y MEDIO AMBIENTE EN LA CIUDAD DE MÉXICO.
UAM- Azcapotzalco, 153 pp. México, DF. 2000.

Rodríguez V., Manuel, **Fuentes Freixanet Víctor**, et al.
INTRODUCCIÓN A LA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA
Editorial Limusa SA de CV, UAM. 204 pp. México, D.F. 2001

Rodríguez V., Manuel, **Fuentes Freixanet Víctor**, et al.
"Fórmulas Básicas para el cálculo de ventilación natural."
ESTUDIOS DE ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA, Anuario 2002 Vol. IV
Editorial Limusa SA de CV, UAM. 240 pp. México, D.F. 2002 p 171-191

Rodríguez V., Manuel, **Fuentes Freixanet Víctor**, et al.
"Ventilación y Confort."
ESTUDIOS DE ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA, Anuario 2003 Vol. V
Editorial Limusa SA de CV, UAM. 231 pp. México, D.F. 2003. p. 103-116

Rodríguez V., Manuel, **Fuentes Freixanet Víctor**, et al.
"Los Observatorios de Horizonte en la Arquitectura Maya"
ESTUDIOS DE ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA, Anuario 2004 Vol. VI
Editorial Limusa SA de CV, UAM. 338 pp. México, D.F. 2004 p. 35-47

Rodríguez V., Manuel, **Fuentes Freixanet Víctor**, et al.
"Análisis Bioclimático de la Arquitectura Tradicional Mexicana"
ESTUDIOS DE ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA, Anuario 2006 Vol. VIII
Editorial Limusa SA de CV, UAM. 192 pp. México, D.F. 2007. p 21-44

Fuentes Freixanet, Víctor y Rodríguez V. Manuel.
VENTILACIÓN NATURAL, cálculos básicos para arquitectura
Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco. , 160 pp. México, D.F. 2004

Fuentes Freixanet, Víctor Armando
CLIMA Y ARQUITECTURA
Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco. , 309 pp. México, D.F. 2004

Fuentes Freixanet, Víctor Armando (Compilador)
"Mapas de Confort de la República Mexicana"
ESTUDIOS DE ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA, Anuario 2007 Vol. IX
Editorial Limusa SA de CV, UAM. 185 pp. México, D.F. 2008