ASADES

Energías Renovables y Medio Ambiente
Vol. 10, pp. 57 - 62, 2002
Impreso en la Argentina. ISSN 0328-932X

ATLAS BIOCLIMÁTICO DE LA REPUBLICA MEXICANA

David Morillón G., Ricardo Saldaña F.[1] Isaac Castañeda T. [1] y Ubaldo Miranda M. [1]

Energía y Ambiente, Instituto de Ingeniería-UNAM, Cd. Universitaria, México, D.F.
Tel: (5) 622 81 32 al 36 ext. 3, Fax: (5) 622 81 37
email: damg@pumas.iingen.unam.mx
[1]Gerencia de Energía No Convencional, Instituto de Investigaciones Eléctricas
Reforma 113, Col. Palmira, Temixco, Mor.
Tel: (7) 318 38 11 ext. 7254, Fax: (7) 318 24 36
e-mail: rsf@iie.org.mx

RESUMEN - En el presente trabajo se ilustran los planos del Bioclima de la República Mexicana, resultado del análisis de información climática del país y las condiciones de confort higrotérmico del ser humano para las diversas regiones del territorio nacional. La base para definir la zona de confort térmico, fue la ecuación propuesta por Szokolay, los resultados obtenidos fueron validados con los parámetros manejados por la American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineer (ASHRAE), para los diversos climas de México. Las herramientas utilizadas para realizar el diagnóstico fueron las ecuaciones de Fanger, la carta bioclimática de Olgyay y el diagrama de control bioclimático en edificaciones de Givoni, los datos climáticos fueron los reportados en 185 estaciones meteorológicas de las normales climatológicas. Los mapas fueron elaborados en el programa ArcInfo, en dichos mapas se identifican las condiciones de confort, de frío y calor, lo cual permite emitir estrategias bioclimáticas de climatización para la arquitectura de máxima eficiencia energética.

1. INTRODUCCIÓN

El autor, los autores, colaboradores e instituciones de investigación participantes en el desarrollo de este Atlas Bioclimático de la República Mexicana, desean poder contribuir hacia un conocimiento más amplio del clima como recurso energético para lograr el confort en las edificaciones y el aprovechamiento de las energías renovables. Resulta en consecuencia muy grato poner a disposición de los estudiosos y usuarios del diseño este caudal de información que será de utilidad en el desarrollo de actividades vinculadas con el aprovechamiento directo e indirecto del clima.

El trabajo se centra en la difusión de los principios básicos relativos al bioclima: confort térmico y clima. La comprensión de estos principios permitirá a los diseñadores proponer soluciones de climatización pasiva. En general, se enfatiza la importancia de determinar las estrategias bioclimáticas de climatización, a partir de los mapas del bioclima. Se elimina así cualquier posible fetichismo numérico, aunque se suministran desde luego los instrumentos necesarios para desarrollar una cuantificación del bioclima de cualquier lugar.

El texto se articula en dos partes diferenciables. La primera se centra en el tema específico del bioclima, y para ello parte directamente de la detección de las variables que afectan el confort térmico humano, a través de ese filtro, se abordaran los aspectos climatológicos más generales que pudieran determinar las variables identificadas.

En la segunda parte del trabajo se presentan los mapas bioclimáticos del país, cuya base son los diagramas de isorequerimientos de climatización. Además en el análisis de dichos diagramas se determinan las estrategias globales para la climatización que debe reunir un diseño arquitectónico y urbano.

2. ANTECEDENTES

La base principal para elaborar este apartado fueron las memorias de los congresos de la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES), editadas desde 1979 a la fecha. Así como en otras fuentes y sobre todo, en el conocimiento del autor sobre las instituciones e investigadores involucrados en la temática. Posiblemente por no estar publicados o accesibles todos los trabajos desarrollados sobre bioclima en México, algunos sean omitidos en la presente reseña. Sin embargo y con el objeto de ampliar y mejorar las bases del trabajo se agradecerá las observaciones y comentarios al respecto, los cuales serán considerados en próximas publicaciones.

El Atlas bioclimático de la República Mexicana, aunque modesto, llena un vacío existente en cuanto a información del bioclima; condiciones o sensaciones higrotérmicas y en consecuencia los requerimientos de climatización, puesto que hasta la fecha resulta difícil encontrar información conjunta de este tipo en otros famosos atlas nacionales, como lo son: el Atlas Solar (Univ. de Colima y Univ. Veracruzana, 1991), el Atlas de Radiación (PUE-UNAM,

1991), el Atlas Nacional del Medio Físico (Secretaría de Programación y Presupuesto, 1981), el Atlas del Agua (Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1976); No obstante que en este último se incluyen mapas sobre temperatura media anual, máxima y mínimas promedio, humedad relativa media anual; Atlas Nacional de México, Vol. II (Instituto de Geografía-UNAM, 1990); Gran Atlas Aguilar, Vol III (Aguilar, 1970), Cartografía de Elementos Bioclimáticos en la República Mexicana (Soto y Jáuregui 1968), es lo más cercano a lo que se trata en este trabajo; Acondicionamiento Bioclimático (King 1994), presenta recomendaciones de diseño bioclimático para de terminadas ciudades del país; Criterios de Adecuación Bioclimática en la Arquitectura del IMSS (Fuentes y Figueroa, 1989); La Casa Ecológica Autosuficiente (Deffis, 1994), presenta las regiones térmicas de la republica, no se indica para que temporada y cual es la base; Manual para el Diseño Bioclimático y Ecotécnicas en Conjuntos Habitacionales (INFONAVIT, 1989); y Diseño Bioclimático y Ecotécnicas (Velez y Garcia, 1990).

3. CONCEPTOS Y DEFINICIONES

Puesto que no todos los interesados en el diseño bioclimático, así como aquéllos que recurren a un Atlas, están familiarizados con los términos y conceptos de este campo del conocimiento, se ha decidido incluir y aclarar algunos conceptos y definiciones, que mientras para un especialista en el tema resultarán obvios, serán, sin embargo, de utilidad y beneficio para el lector que no lo es.

3.1. Clima

s uno de los factores que afectan más directamente al confort del hombre, en las diversas actividades de trabajo y de ocio, en definitiva, a su salud, el clima se describe mediante cuatro principales factores: Temperatura, radiación, viento y humedad.

3.2. Bioclima

Bioclima de un lugar es la asociación de los elementos meteorológicos que influyen en la sensación de bienestar fisiológico. Estos elementos son principalmente temperatura del aire (o del bulbo seco), humedad (relativa, específica, absoluta o presión de vapor), radiación solar (duración, intensidad y calidad), viento (dirección, velocidad y frecuencia), y temperatura de radiación (la del entorno físico interior), así como condiciones de confort higrotérmico del usuario del edificio.

3.3. Confort Térmico

La palabra confort es definida por el Oxford Dictionary como placer, deleite, bienestar, físico, ... condiciones o calidad de estar confortable, y a su vez, confortable es explicado como ... satisfacer, proporciona o propende a dar tranquilidad, placer y agrado.

El concepto de confort va más allá de la simple ausencia de notorias disfuncionalidades climáticas; se puede no obstante precisar en el sentido más estrecho, como la sensación subjetiva de calor o frío, la cual depende de la intensidad con que estén funcionando los recursos de termorregulación, los cuales a su vez dependen de un limitado número de variables microclimáticas.

3.4. El proceso de aclimatación

Las adaptaciones a largo plazo que experimenta cada organismo cuando se encuentra en un ambiente básicamente estable constituye lo que se denomina aclimatación.

4. INFORMACIÓN CLIMÁTICA

Los datos que registran los meteorólogos no coinciden necesariamente con los que interesan al diseñador. Tendrá este último que filtrarlos en función de su práctica. En principio se interesará por:

- Temperaturas: valores medios y máximos, oscilación diurna media,
- Humedad relativa
- Condiciones del cielo; radiación incidente previsible,
- Régimen pluviométrico, con intensidades máximas horarias previsibles,
- Régimen local de vientos, frecuencia, intensidad y dirección,
- Fenómenos especiales; tormentas eléctricas, tolvaneras, granizadas, etc.

Las estaciones meteorológicas recopilan y difunden datos que pretenden reflejar situaciones generales. Sin embargo, estos datos sólo reflejan, de hecho, microclimas muy particulares, determinados por la normativa que regula la disposición y uso de los instrumentos de medida. En nuestro país solo existen unos de 80 observatorios meteorológicos que cuentan con datos horarios de temperatura y humedad relativa (HR) o temperatura de bulbo húmedo. Las estaciones climatológicas (alrededor de mil) solo tienen información de temperaturas extremas, precipitación pluvial y evaporación. La base del presente trabajo fueron 185 estaciones meteorológicas del país reportadas en las normales climatológicas.

Cabe recalcar que la información de las estaciones climatológicas o meteorológicas realizan mediciones de temperatura máxima y mínima pero no de temperaturas horarias. Por esta razón no pocos autores han modelado la variación diurna de la temperatura, como lo ha mostrado la revisión de Reikosky et al, (1989). En este caso también se tuvo que evaluar la temperatura de bulbo seco y la humedad relativa horaria, en el primer caso se dispone con frecuencia de dos datos mensuales solamente: la máxima media y la mínima media. Para determinar la evolución horaria a partir de los dos datos mensuales mencionados anteriormente, se acudió a los nomogramas. Aunque la información base procesada sobre la temperatura y humedad relativa horaria ha sido obtenida indirectamente mediante metodología de cálculo (Tejeda, 1991), resulta suficientemente precisa para la mayoría de las aplicaciones del diseño bioclimático. Más aún, si consideramos que los datos horarios calculados sobre temperatura y humedad relativa, presentan diferencias relativamente pequeñas (salvo en las islas de calor de los centros de las grandes ciudades) respecto a los valores que el autor han medido personalmente en diversos localidades o se encuentran reportadas en la literatura confiable. El modelo utilizado permitió salvar el vacío de información higrotérmica horaria media mensual que existe en gran cantidad de localidades del país.

5. DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES O SENSACIONES TÉRMICAS

Para determinar las condiciones térmicas se siguieron los pasos enumerados a continuación:

1) Obtener los datos climatológicos siguientes: Temperatura máxima media mensual más alta del año; temperatura mínima media mensual más baja del año, temperatura media anual. En caso de que no se conozca este último dato, pude calcularse con buena aproximación promediando los dos primero datos. Lo mejor desde luego sería conseguir de alguna estación meteorológica que corresponda a la zona geográfica que se esté estudiando, un gráfico en el que consten las temperaturas mínimas, medias y máximas mensuales.
2) Calcular la posición del centro de la zona de confort: Tn.
3) Calcular la amplitud de la zona de confort. Para ello se comienza por determinar la oscilación media anual de la temperatura del aire; bastará hallar la diferencia entre los dos primeros datos climatológicos señalados: máxima media mensual, más alta y mínima media mensual, más baja.

   La amplitud de la zona de confort, en ºTEC, se determina entonces mediante la tabla 1.

   Esta amplitud, centrada en torno a Tn, determina los límites de la zona de confort.

   El centro de la zona de confort queda fijado por la ecuación:

$$Tn = 17.6 + 0.31(Tma) \text{ en } ºC \qquad (1)$$

4) Definir las condiciones de sensación térmica, para ello se procesaron los datos de temperatura y humedad relativa horaria, utilizando herramientas como los diagramas de Olgyay y Givoni. Se adaptó métricamente la carta bioclimática del Olgyay modificada por Arens (et al, 1980), pues este instrumento fue diseñado para latitudes medias (próximas a los 40º) e individuos vestidos normalmente, que se encuentren realizando un trabajo sedentario, para realizar el estudio del bioclima del país. El producto es un diagrama de isorequerimientos (Fig. 1), en el se aprecian las condiciones de sensación higrotérmica para todo el año de un lugar determinado. Con la información de dicho diagrama se promediaron, dentro de las horas con radiación, las condiciones de calor, frío y confort, los resultados son los reportados en los mapas que componen el Atlas Bioclimático de la República Mexicana.

Tabla 1. Amplitud de la zona de confort para diferentes rangos de oscilación de la temperatura media anual.

Oscilación media anual de la temperatura del aire en ºC	Amplitud de la zona de confort en ºTEC
Menos de 13	2.5
13-15	3.0
16-18	3.5
19-23	4.0
24-27	4.5
28-32	5.0
33-37	5.5
38-44	6.0
45-51	6.5
más de 51	7.0

6. DIGITALIZACIÓN DE LOS MAPAS

Los mapas fueron elaborados en el programa ArcInfo, e introducidos en el SIGER (Sistema de información para las energías renovables), desarrollado por la Gerencia de Energías Renovables del Instituto de Investigaciones Eléctricas con apoyo de la Comisión Nacional para el ahorro de Energía (CONAE) y la Secretaría de Energía (SENER).

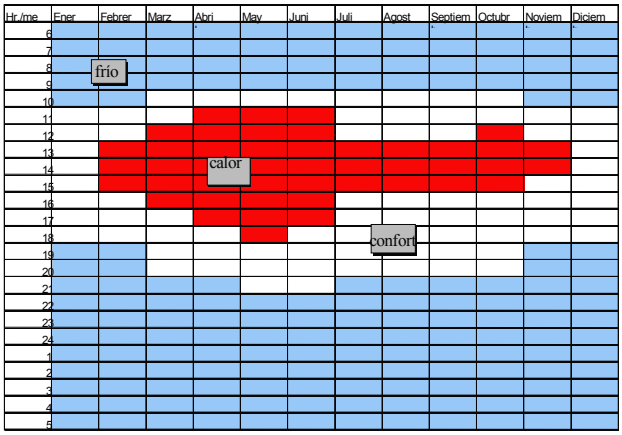

Fig. 1: Diagrama de isorequerimientos de climatización de Guadalajara

7. MAPAS BIOCLIMÁTICOS

En este apartado se presentan los mapas mensuales. Se ha considerad
o que resultan suficientemente representativos de comportamiento periódico de cada época estacional.

Para la interpretación de las sensaciones térmicas se tiene por tonos lo siguiente:

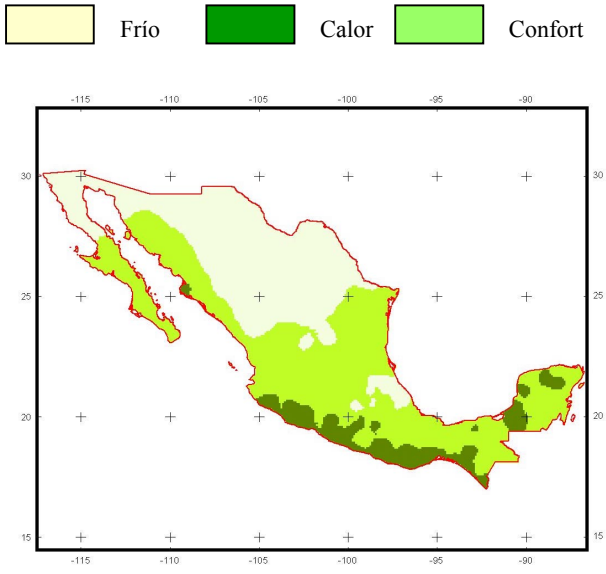

Fig. 2 Bioclima promedio en el mes de enero

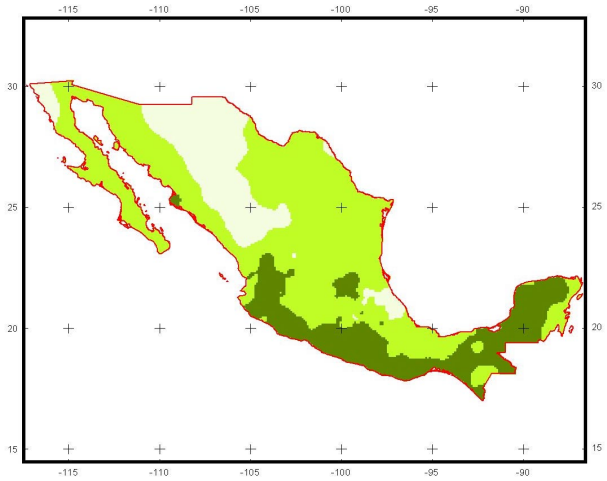

Fig. 3 Bioclima promedio en el mes de febrero

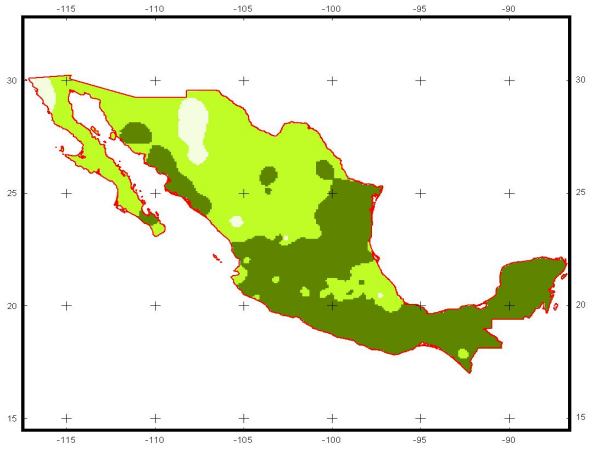

Fig. 4: Bioclima promedio en el mes de marzo

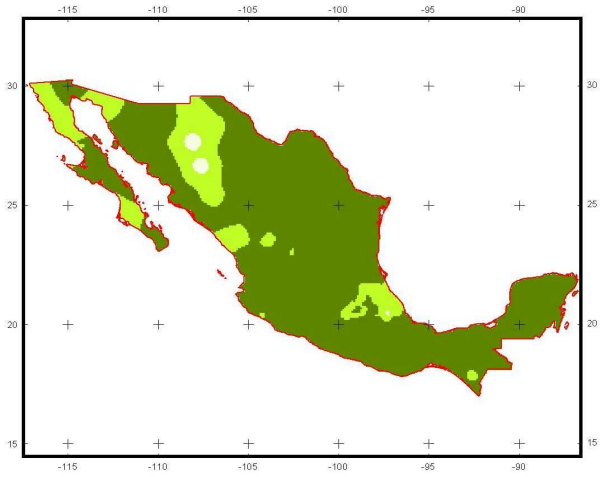

Fig. 5: Bioclima promedio en el mes de abril

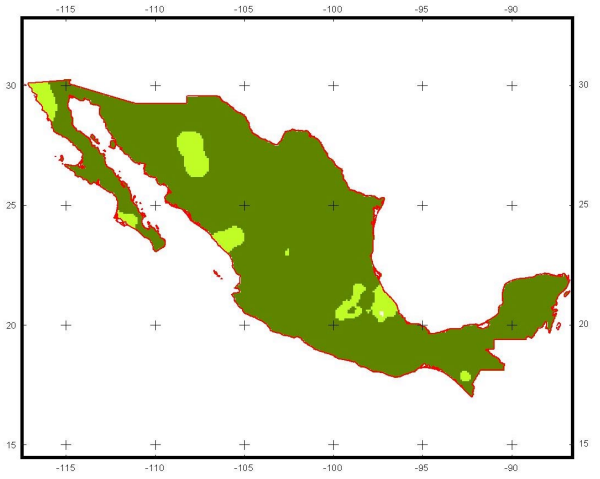

Fig. 6: Bioclima promedio en el mes de mayo

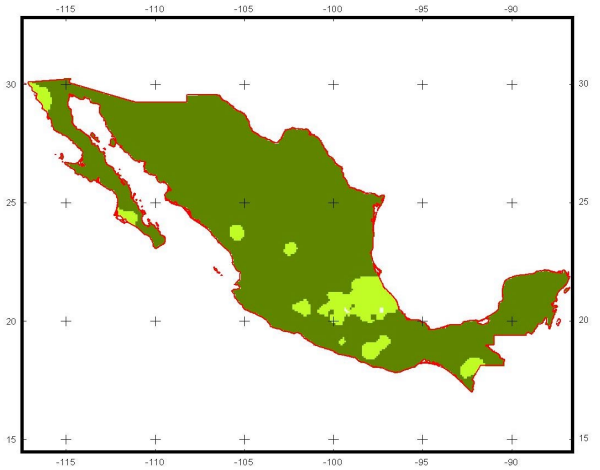

Fig. 7 Bioclima promedio en el mes de junio

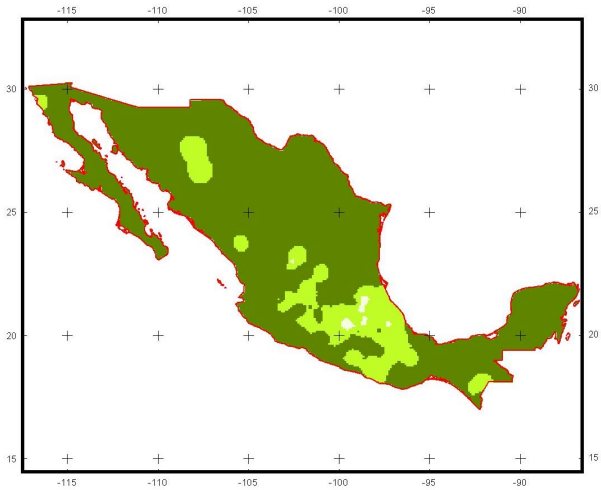

Fig. 8: Bioclima promedio en el mes de julio

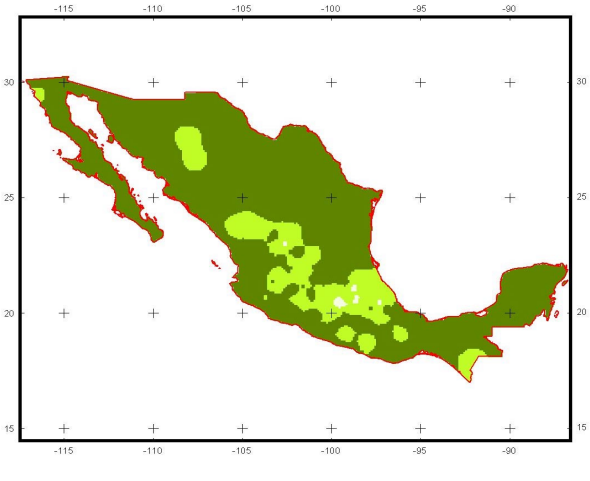

Fig. 9: Bioclima promedio en el mes de agosto

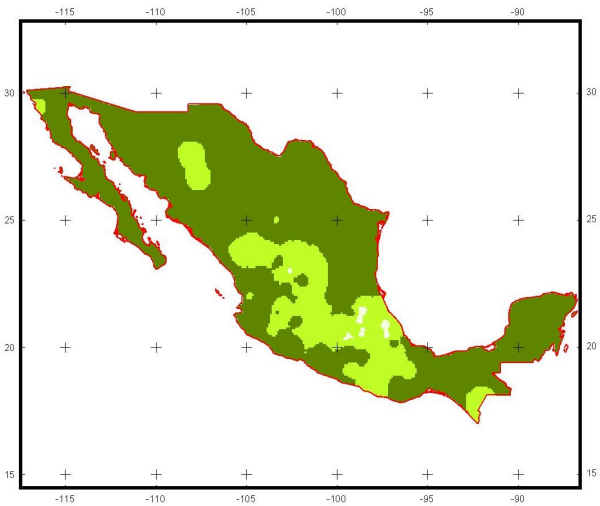

Fig. 10: Bioclima promedio en el mes de septiembre

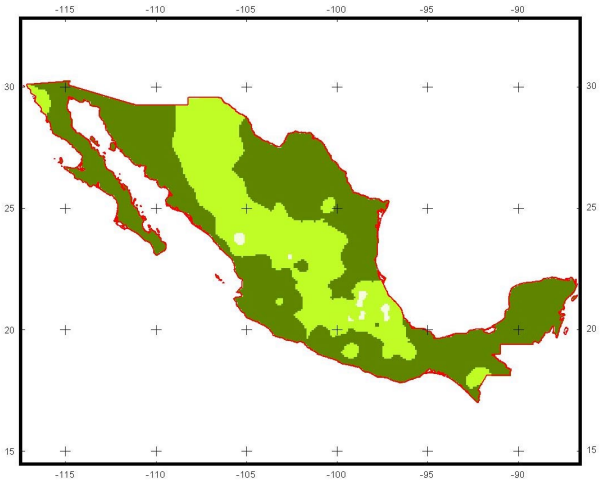

Fig. 11: Bioclima promedio en el mes de octubre

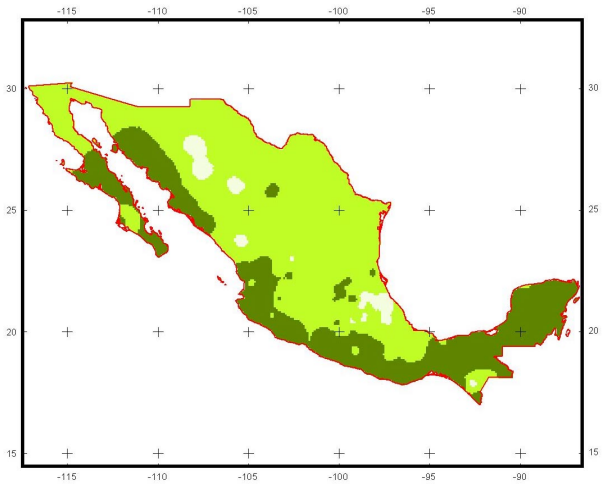

Figura 12: Bioclima promedio en el mes de noviembre

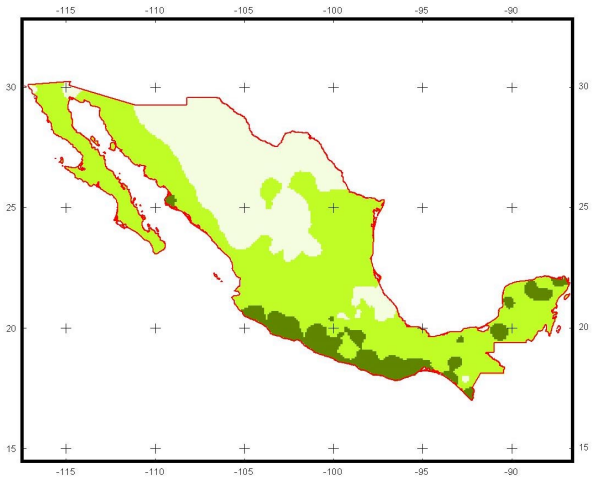

Fig. 13: Bioclima promedio en el mes de diciembre

8. DESCRIPCIÓN DE LOS MAPAS

Primavera. Etapa de transición entre el invierno y el verano, se caracteriza por ser en nuestro país la estación más soleada del año, principalmente en abril y mayo. Ante ello se presenta en el mes de abril, que gran parte del territorio las condiciones son de calor, en el mes de mayo las condiciones son las más cálidas de todo el año.

Verano. Las condiciones para los meses de junio, julio y agosto son las siguientes: junio con calor en la mayor parte del país, julio y agosto calor y confort solamente en la parte central y montañas (partes altas).

Otoño. Las condiciones para septiembre son de confort en el centro del país y partes altas, continuando con calor en el norte. En octubre aproximadamente el 50% del país presenta condiciones de confort y el otro porcentaje de calor, y noviembre es el mes con las mejores condiciones, esto es hay confort en gran parte del territorio, con excepción de las costas del país y las penínsulas de Yucatán y Baja California Invierno. Enero es el mes mas frío, principalmente en el norte del país y partes altas, muy parecidas son las

condiciones de diciembre, en ambos meses se presenta en la costa del pacifico, desde Colima a Chiapas condiciones de calor. En febrero se presentan condiciones parecidas a enero y diciembre.

9. CONCLUSIÓN

Los mapas del presente trabajo permiten identificar cuando el ambiente exterior permite climatizar de forma pasiva y definir, en un lugar geográfico específico, donde no existen condiciones climatológicas extremas; por lo tanto, un sistema de aire acondicionado no es indispensable si se logra un buen diseño: diseño bioclimático, como construir el edificio de tal modo que, haciendo buen uso de los materiales disponibles, la orientación de la construcción, el tamaño y la ubicación de ventanas, sombrar externas o internas, aislamientos adecuados, ventilación natural, etc., pueda obtenerse una habitación totalmente confortable a lo largo del año. Lo cual es posible, sin necesidad de consumir energía convencional.

REFERENCIAS

Asociación Nacional de Energía Solar (ANES), (1979-2000) Memorias de las Reuniones Nacionales de Energía Solar, México.

Evans, M. (1980) Housing, Climate and Comfort, The architectural Press, Londres.

Fanger, P.D. (1973) Thermal Comfort. Danish Technical Press. Copenhague, 1970/Mc Graw Hill, Nueva York.

Givoni, B. (1976). Man, climate and architecture. Van Reinhold Nostrand. Nueva York.

Hernández, E., Tejeda, A. Y Reyes, S. (1991). Atlas solar de la república mexicana. Universidad de Colima y Universidad Veracruzana. México. 155p.

Jáuregui, E. And Soto, C. (1967), Wet-bulb temperature and disconfort index distribution in Mexico, Int. J. Biometeor., II:I:21-28.

Mesa, A.N. y Morillón, D. (1997), Análisis de los métodos para lograr condiciones de confort higrotérmico en espacios arquitectónicos, Memorias de la XXI Semana Nacional de Energía Solar, pp. 470-477, Chihuahua, Chih.

Morillón, D. (1993). Bioclimática, sistemas pasivos de climatización. Universidad de Guadalajara. México. 147 p.

Normales Climatológicas, periodo 1941/1970 y 1950/1980.Dirección General del Servicio Meteorológico Nacional SARH, México, 1982

Olgyay, V. (1963), Desigh with climate, Princeton University Press, Princeton.

Reicosky, D. C., Winkelman, L. J., Baker, J. M. and Baker, D. G., (1989), Accuracy of hourly air temperatures calculated from daily minima and maxima. Agric. For Meteorol., 46: 193-209.

Saldaña R., Miranda U., Castañeda I., Morales M. F., Arreguín, J. Desarrollo del Sistema de Información Geográfico para la Energías Renovables en México, 2da etapa, Informe Anual IIE/01/11778/102/A, Instituto de Investigaciones Eléctricas, México, 2001.

Szokolay, S. (1984), Pasive and low energy for thermal and visual comfort, Memorias del Proceedings of the international conference on pasive and low energy ecotechniques applied to housing PLEA 84, México.

Tejeda, A. (1991). Simulación de la marcha diaria del confort higrotérmico en la república mexicana. Memorias de I Encuentro nacional de diseño y medio ambiente Universidad de Colima- CFE. pp. 167-172.

MEXICAN REPUBLIC BIOCLIMATE ATLAS

ABSTRACT – In the Present work the maps of the Mexican Republic bioclimate and the results of the analysis of the country climatic information as well as the conditions of the human thermal comfort for the diverse regions of the national territory are given. The definition of the thermal comfort, are the based on an proposal by Szokolay. The obtained results were validated with the parameters given by the American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineer (ASHRAE) for the diverse climates of Mexico. The tools used to carry out the diagnosis were the equations of Fanger, the bioclimate Olgyay chart and the diagram of bioclimate control in Givoni buildings. The climatic data were those reported in 185 meteorological stations. The maps were elaborated with the program ArcInfo. In these maps the conditions for comfort are identified, defining bioclimate strategies for the architecture of maximum energy efficiency.