

Jáuregui (1971) presenta un panorama general del estado de los estudios al respecto hasta ese año, en la introducción a un trabajo sobre la evaluación del confort bioclimático en dos clinicas de la ciudad de México. Más recientemente, en 1984, se celebró una reunión sobre climatología urbana, convocada por la Organización Meteorológica Mundial, y en ella las contribuciones de Davis, De Carmona, Landsberg, Givoni y Nieuwolt, giraron en torno al tema del confort humano (WMO, 1986).

Otra aportación importante la constituye la Primera Reunión Nacional sobre Energía y Confort celebrada en mayo de 1988 en Mexicali (Univ. Aut. de Baja California, 1988), pues evidentemente la edificación, el confort y el consumo de energéticos están íntimamente relacionados.

Si bien la discusión detallada del problema de la evaluación del confort humano escapa a los propósitos de este trabajo, vale la pena citar algunos comentarios antes de seguir adelante.

Tromp (1974) dice que los estímulos meteorológicos tienen efecto sobre el cuerpo humano principalmente a través de cinco canales: la piel, las vías respiratorias, la nariz, los ojos y por alteración directa al sistema nervioso. Esos estímulos (según el mismo autor) pueden ser térmicos, higrícos, por el viento, varias formas de radiación solar (principalmente ultravioleta), reducción o incremento de la presión parcial del oxígeno, cambios en la composición química o física del aire por contaminación, cambios en la acidez del vapor de agua atmosférico, ionización del aire, campos electrostáticos y electromagnéticos, ondas de sonido, olores, campos gravitatorios, campos magnéticos, viento solar y radiación cósmica. Los cuatro últimos, especialmente importantes en el espacio exterior.

Fanger y Jonassen (1974) especifican que, en términos de confort humano, del ambiente eléctrico atmosférico son importantes la intensidad del campo eléctrico, la corriente aire-tierra, la conductividad del aire, la concentración de aerosoles y de núcleos radiactivos.

En cuanto a los factores químicos (Wadden y Scheff, 1987) deben considerarse tanto las inmisiones del exterior como las emanaciones propias del espacio habitable (vivienda, oficina,



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

taller, etc.), sobre todo de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, humos de tabaco y estufas, asbestos, formaldehídos, polvos, radón, ozono, dióxido de carbono, compuestos orgánicos, gérmenes alergógenos y patógenos.

Lo mencionado en los dos puntos anteriores puede adquirir tal importancia, que independientemente de la salud de los habitantes o de las condiciones higrotermicas de la atmósfera, se llegue a una situación de franca incomodidad o insalubridad. No obstante, el confort higrotérmico por sí mismo es un tema que merece atención aparte. Givoni (1974 A) afirma que una situación de *stress térmico* se detecta en la temperatura de la piel, la temperatura rectal, la razón de sudoración y el ritmo cardiaco, por lo que se relaciona directamente con el estado de salud de la persona. Sobre todo, en el caso de gente no sana adquiere particular relevancia lograr diseños arquitectónicos y urbanísticos que tiendan a mejorar las condiciones de confort térmico, además de las ya citadas implicaciones económicas que éste tiene en el uso y ahorro de energéticos.

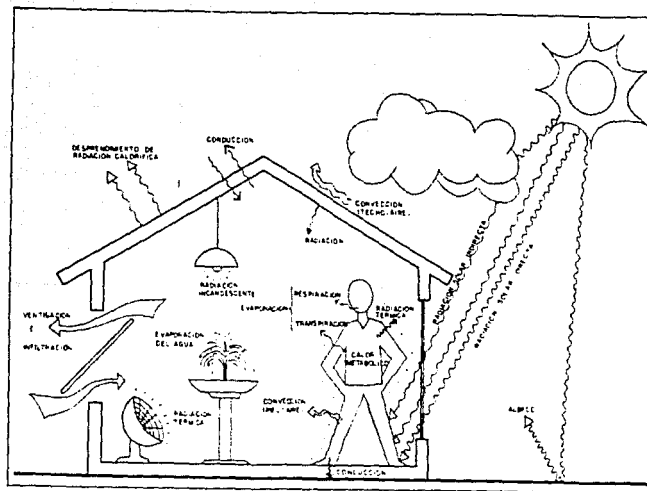


FIGURA 2. Esquema de los componentes del balance de calor en el interior de una habitación, para una persona en actitud sedentaria. (Hernández, 1983).

También Givoni (1974 B) establece que las mujeres maduras son más sensibles a situaciones de incomodidad térmica que las mujeres jóvenes, o los varones ya sean jóvenes o maduros.

Así, una caracterización completa del confort climático requeriría de evaluar la temperatura, la humedad, la calidad del aire y, entre otros aspectos, el impacto del viento, la radiación solar, la lluvia y varios elementos de carácter fisiológico (Gregorczyk, 1968); o bien establecer un balance de calor a partir de la temperatura del aire, el calor metabólico desprendido por el ser humano bajo cierta actividad, la temperatura radiante de muros, pisos, y techos; la ventilación, la humedad, el abrigo de la persona, etc. más o menos como lo indica la Fig. 2. (Hernández, 1982; Fanger y Jonassen, 1974; Lowry, 1967).

Como un primer ensayo, en esta tesis solamente se incluyen tablas de valores horarios medios mensuales de temperatura, humedad relativa e índice de incomodidad (Tanenbaum and Sohar, 1960; Jáuregui y Soto, 1967), igual a la suma de la temperaturas de bulbo seco (T) y húmedo (Tv) en 22 localidades del estado de Veracruz.

Sin dejar de reconocer que existen gran variedad de índices climáticos, algunos de los cuales se describen a continuación como complemento a este punto.

a) La entalpia está considerada por el mismo Gregorczyk como altamente significativa pues sus unidades son kcal/kg, fácilmente comparables con las unidades del metabolismo: Kcal/kg/hora. Su expresión relativamente complicada dificulta su cálculo horario medio mensual, al depender de la presión atmosférica, p. La expresión de Boer (1964) es:

$$H = 0.24 T_v + 0.3732 \text{ es/p} \quad (1.1)$$

donde T_v está dada en $^{\circ}\text{C}$, es es la presión de vapor de saturación y p la presión atmosférica, ambas en mm de Hg.

b) La temperatura efectiva (TE) que Thom (1959) define como:

$$TE = 0.4 (T + T_v) + 4.8 \quad (1.2)$$

El punto de mayor comodidad se encuentra cuando $T + T_v = 48$, es

decir, que TE = 24. También este autor es el introductor del concepto de *días-grado* para estimar necesidades de enfriamiento o calefacción artificial, que se calcula de la siguiente manera: Si se considera que el intervalo de temperaturas propias de una situación de confort térmico va de T_a a T_b (comunmente de 16 a 22°C en los países nórdicos), y T_i es la temperatura media diaria del día i , entonces los *días-grado frío* (DGF) de un periodo de n días, es:

$$DGF = \sum (T_a - T_i), \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad \text{para todo } T_i < T_a \quad (1.3)$$

Los *días-grado calor* (DGC) serán:

$$DGC = \sum (T_i - T_b), \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad \text{para todo } T_i > T_b \quad (1.4)$$

c) Beal (1974) considerando el viento, la radiación solar, el calor metabólico y las pérdidas de calor corporal por conducción, convección y radiación, establece un índice bastante completo (*Windchill Index*), principalmente útil para evaluar e incluso anticipar situaciones de frío extremo en el Canadá. (Véase también Givoni, 1974 A).

* * *

Sin embargo, como ya se mencionó, para los países en vías de desarrollo una de las principales limitantes a la evaluación del confort climático es la falta de información suficiente. Es cierto que el Servicio Meteorológico ha colaborado grandemente al poner a la venta las Normales Climatológicas de casi ochocientas localidades del país (Ser. Met. Nal., 1982), que constituyen la base de cualquier análisis climático; pero sólo en el caso de los 56 observatorios meteorológicos ahí consignados hay datos de humedad media mensual, pues en el resto (más de setecientas estaciones climáticas) no se obtiene tal información.

Estas consideraciones son las que validan la importancia que pudiera tener este trabajo al proponer una metodología para calcular de humedad relativa media, máxima y mínima promedio mensual, así como la simulación de la variación horaria media mensual de algunos parámetros higrotérmicos a partir de las Normales Climatológicas, para los puntos ubicados en la Fig. 1.

En esta tesis se consideró que son fundamentales la

temperatura ambiente (T), la temperatura de bulbo humedo (T_w) y la humedad relativa (HR), puesto que con ellas es posible obtener recomendaciones para el diseño arquitectónico y la planeación urbana con la ayuda del diagrama de Givoni o el de Olgay (Hernández y Mayer, 1984); o del cálculo de algún índice bioclimático, como el de incomodidad.

Si se cuenta con datos horarios, se pueden trazar curvas de Índice de Confort (IC, igual al índice de incomodidad dividido entre dos) como la mostrada en la Fig. 3, o diagramas mensuales como los de las Figs. 4. En ambos casos, con muy buena aproximación, es posible establecer los periodos para los cuales hay que usar mecanismos de climatización, activos o pasivos, dependiendo de que tan alejados se encuentren los puntos de la zona de bienestar termico (Koenigsberg *et al.* 1977).

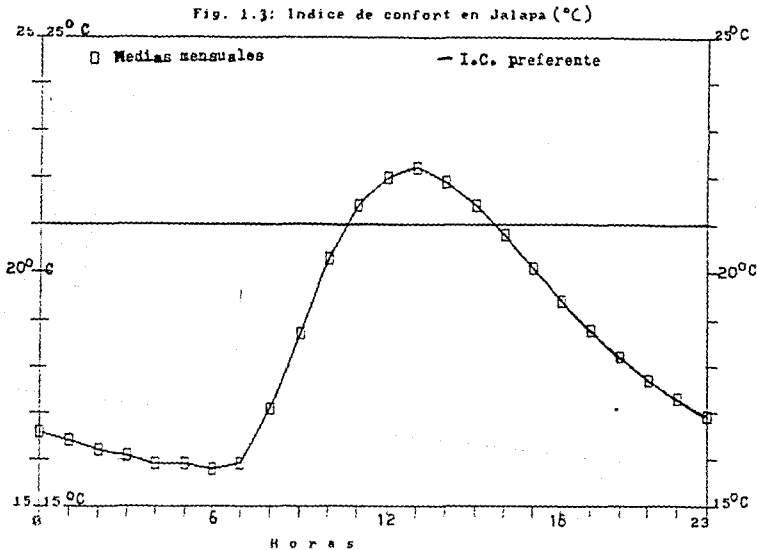


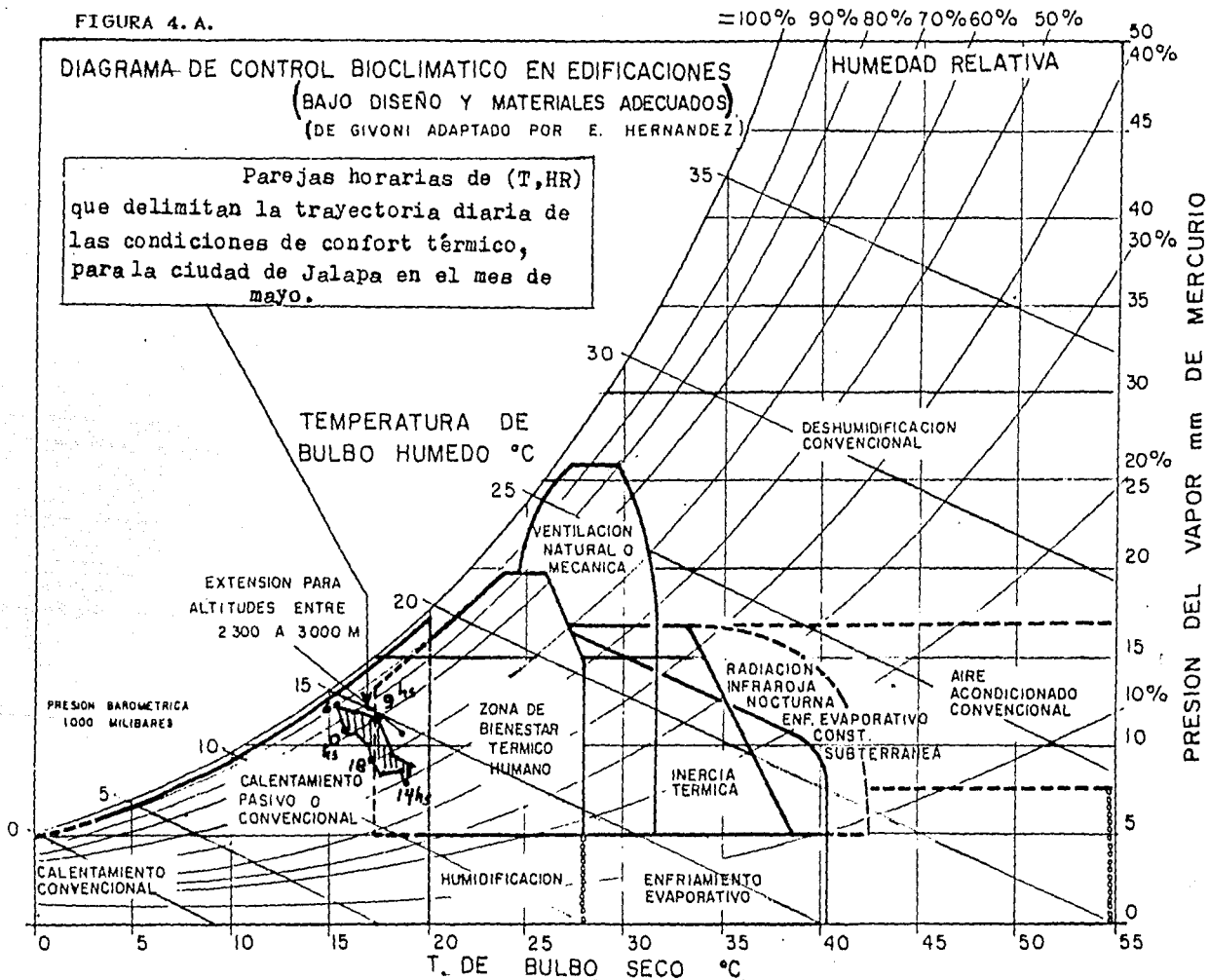
FIGURA 3. Promedio de la marcha diaria del Índice de confort $IC = (T + T_w)/2$, en el mes de mayo en Jalapa, Ver.

FIGURA 4. A.

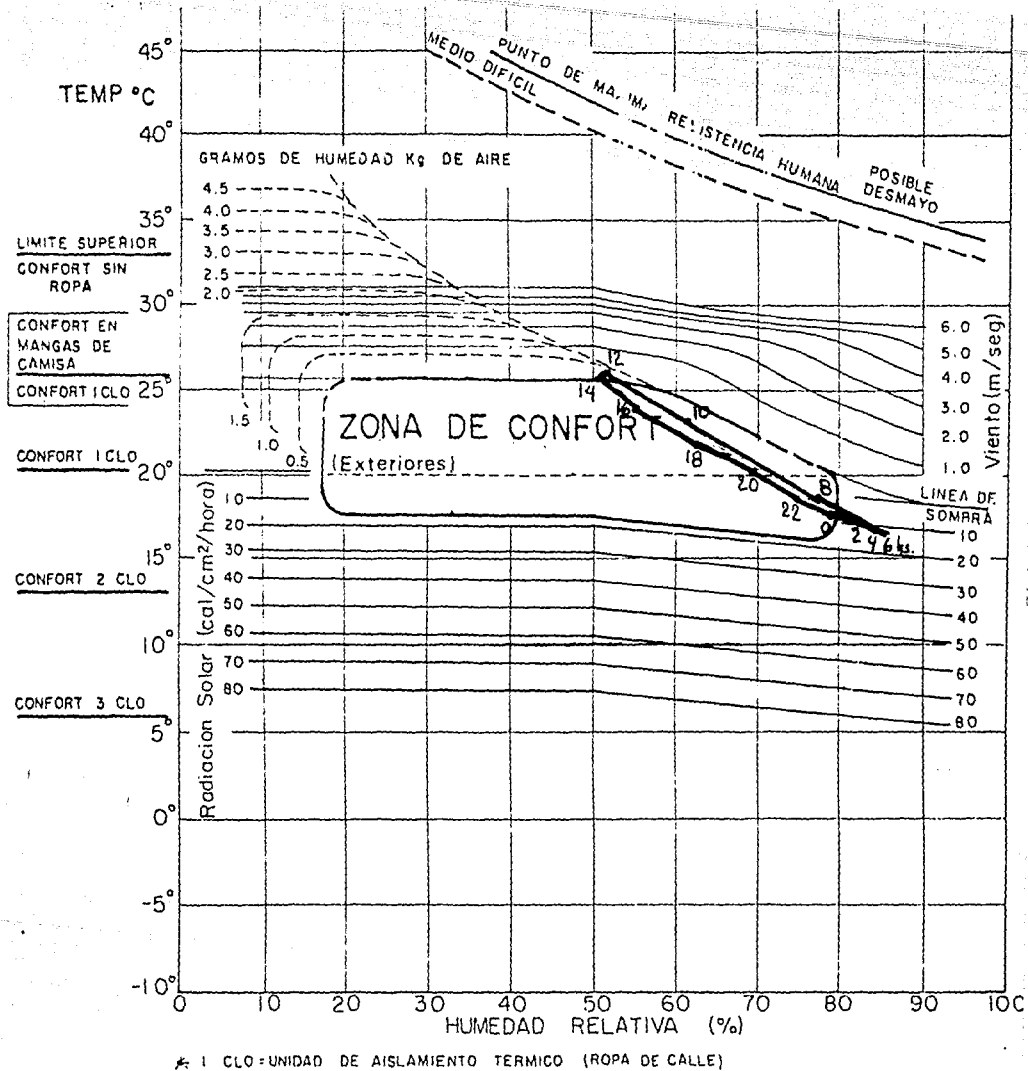
DIAGRAMA DE CONTROL BIOCLIMATICO EN EDIFICACIONES

(BAJO DISEÑO Y MATERIALES ADECUADOS)
(DE GIVONI ADAPTADO POR E. HERNANDEZ)

Parejas horarias de (T,HR)
que delimitan la trayectoria diaria de
las condiciones de confort térmico,
para la ciudad de Jalapa en el mes de
mayo.



8



FIGURAS 4. La Fig. 4.A. (hoja anterior) muestra la marcha diaria del confort higrotérmico en mayo en Jalapa, según el diagrama de Givoni, válido en el interior de las edificaciones. La Fig. 4.B. (arriba), indica lo mismo pero para espacios exteriores, según el criterio de Olgay.

2. ESTIMACION DE VARIABLES DE HUMEDAD

2.1 TEMPERATURA DE BULBO HUMEDO (Tw)

En los observatorios meteorológicos reportados en las Normales Climatológicas, se encuentra explícitamente la información de temperaturas ambiente (T, equivalente a la de bulbo seco) y de bulbo humedo (Tw). lluvia, nubosidad y humedad relativa, entre otros. En las estaciones meteorológicas, que son las más abundantes, no hay ningún dato relativo a la humedad del aire.

Es lógico pensar que la Tw media mensual sea una función de las condiciones medias de temperatura, lluvia y nubosidad. Por ello se propone un modelo en el que la Tw es dependiente linealmente de la T, la precipitación pluvial (r), el número de días medio nublados al mes (M) y el número de días nublados cerrados (N):

$$Tw = a + bT + cr + dM + eN, \quad (2.1)$$

donde T y Tw están en grados Celsius y r en milímetros.

Nótese que T, r, M y N son parámetros contenidos en las tablas de las Normales Climatológicas incluso para las estaciones meteorológicas, pero además para los observatorios se cuenta con los datos de Tw, por lo que los coeficientes a, b, c, d y e se pueden evaluar por un procedimiento de regresión lineal múltiple, si se demuestra que las variables independientes no están correlacionadas y se tiene suficiente número de eneadas (Tw, T, r, M, N) como para hacer el cálculo.

Puesto que los observatorios meteorológicos reportados por las Normales Climatológicas y ubicados en la zona de estudio (Fig. 1) son siete, con datos para los doce meses del año se completaron 84 eneadas (7x12). Además, como lo muestra la Tabla I, las variables independientes resultaron no estar correlacionadas.

Tras aplicar un paquete computacional, se obtuvo la siguiente expresión que, se reitera, es válida para condiciones medias mensuales:

$$Tw = -9.5 + 1.13 T - 0.005 r + 0.081 M + 0.26 N \quad (2.2)$$

TABLA I
 Coeficientes de determinación (r^2) entre las variables
 independientes de la Ec. 2.1.

	T	r	M	N
T	1	0.14	0.07	0.03
r	0.14	1	0.01	0.36
M	0.07	0.01	1	0.05
N	0.03	0.36	0.05	1

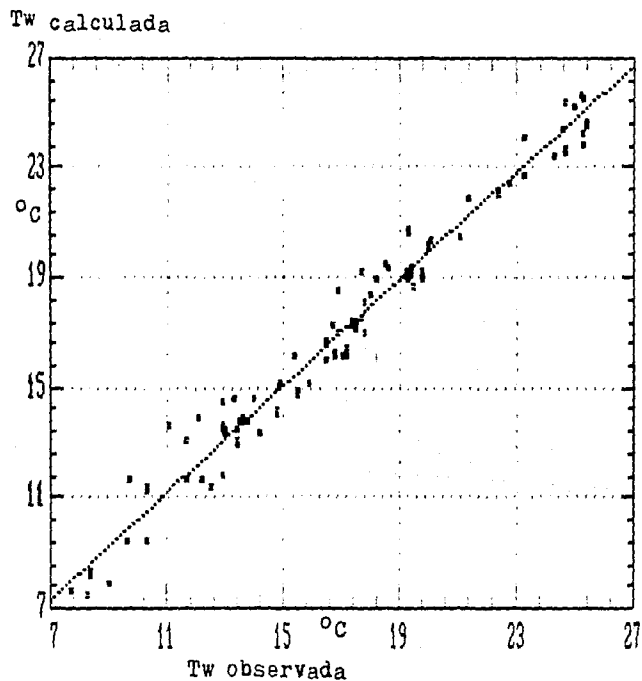
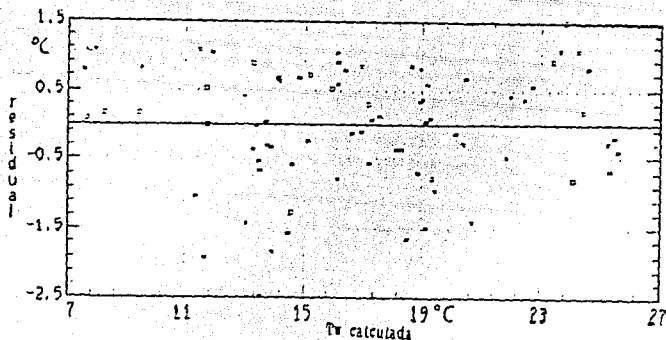
Los datos de la Tabla II muestran claramente la bondad del modelo. Además, a partir de las correlaciones parciales es posible establecer que la Tw media mensual depende, en primer lugar, de T, seguida de N, r y M.

TABLA II
 Resultados de algunos parametros estadísticos que muestran
 la bondad de la Ec. 2.2.

Correlación lineal general	0.98
Coefficiente de determinación (general)	96 %
Correlación lineal particular de T	0.95
Correlación lineal particular de r	0.19
Correlación lineal particular de M	0.05
Correlación lineal particular de N	0.60

El error porcentual de la Tw calculada respecto a la observada sólo rebasó el 10% (valor común al instrumental meteorológico) en seis de los 84 casos considerados, sin llegar al 20% más que en uno de ellos. Estos seis casos corresponden a las estaciones Puebla y Tlaxcala, quizás por estar bajo condiciones climáticas diferentes al resto. Debe resaltarse que la distribución de los residuales es aleatoria y, como ya se dijo, de magnitud pequeña (Figs. 5.a y b).

De esta manera se cuenta con un algoritmo (la Ec. 2.2) para estimar Tw media mensual en las estaciones meteorológicas del estado de Veracruz, cuyas medias mensuales de T, r, M y N están contenidas en las Normales Climatológicas (Ser. Met. Nal., 1982).



FIGURAS 5. (A) Arriba se muestra la distribución de los residuales que resultan al restar T_w observada a la T_w calculada con la Ec. 2.2. Como se ve, se distribuyen aleatoriamente alrededor de 0°C . (B) Abajo se graficaron T_w calculada (eje vertical) contra T_w observada (eje horizontal).

Por otro lado, en vias de evaluar alguno de los indices de incomodidad higrotermica o trazar los diagramas de confort de Dlgay o Givoni -ya mencionados en la INTRODUCCION- tambien es posible obtener la humedad relativa media mensual (HR) en las estaciones meteorologicas, a partir de la tabla del psicrometro o de algun termodiagrama relacionando T y Tw; o bien a partir de las ecuaciones de la termodinamica del aire humedo, como se muestra en el siguiente apartado.

2.2 HUMEDAD RELATIVA

En un proceso isobarico y adiabatico, es posible saturar una mezcla de aire agregando vapor de agua. La presion de vapor de saturacion (e_s) y la temperatura ambiente (T) estan relacionadas por la ecuacion de Clausius-Clapeyron (Haltiner and Martin, 1968; pg. 23):

$$\frac{de_s}{e_s} = \frac{L_e v}{R_v} \left(\frac{dT}{T^2} \right) \quad (2.3)$$

$L_e v$ es el calor latente de vaporizacion, igual a 2500 joul.gr⁻¹; R_v es la constante en la ecuacion de estado del vapor de agua, igual a 0.461 joul gr⁻¹ °K⁻¹. Ademias, se tiene el resultado de que a 0°C y una atmosfera de presion $e_s = 6.11$ mb. Asi, sustituyendo e integrando tendremos:

$$\int_{6.11}^{e_s} (de_s/e_s) = 5423^\circ K \int_{273}^T (dT/T^2)$$

$$e_s = 6.11 \exp 19.85 (1-273/T) \quad (2.4)$$

La diferencia entre la temperatura de bulbo seco (T) y de bulbo humedo (Tw) se relaciona con la diferencia de presiones de vapor a la temperatura T (e) y la presion de vapor de saturacion a Tw (e_{sw}) aproximadamente asi (Haltiner and Martin, 1968; pg.26):

$$e_{sw} - e = c_p P (T-T_w) / (0.622 L_e v).$$

donde F es la presión atmosférica, y c_{pd} es el calor específico del aire seco a presión constante ($1.004 \text{ joule-gr}^{-1} \text{ } ^\circ\text{K}^{-1}$). Así:

$$e = 6.11 \exp(19.85 (1-273/T_w)) - 0.00066 F (T-T_w) \quad (2.5)$$

Si consideramos una presión de 1013.8 mb y sabiendo que la humedad relativa en porcentaje tiene la expresión

$$HR = 100 e/e_s \quad (2.6)$$

tendremos:

$$HR = \frac{100(\exp 19.85(1-273/T_w) - 0.108(T-T_w))}{\exp 19.85(1-273/T)}$$

Para que la expresión valga a cualquier presión F y haciendo uso de la ecuación hidrostática, tendremos:

$$HR = \frac{100 (\exp 19.85 (1-273/T_w) - 0.108(T-T_w) (P_0 - \rho g h) / P_0)}{\exp 19.85(1-273/T)} \quad (2.7)$$

donde $P_0 = 1013.8 \text{ mb}$ es la presión media al nivel del mar; la aceleración media de la gravedad terrestre es $g = 9.8 \text{ m s}^{-2}$; la densidad media de la troposfera es $\rho = 1.1 \text{ gr/m}^3$, y h es la altitud del lugar, cuyo valor en metros también reportan las Normales Climatológicas.

2.3 VALORES HIGROTÉRMICOS MÁXIMOS Y MÍNIMOS.

Givoni (1964), también por regresión lineal múltiple, establece la dependencia de la presión de vapor (e) de otras variables climatológicas de manera similar a como se hizo en este trabajo para la T_w . El mismo autor, para obtener los valores de la HR máxima y mínima medias mensuales, supone que la e es prácticamente independiente de la hora del día, salvo cuando hay marcada advección de aire más seco o más húmedo que el prevalente. Esta excepción se salva si se trabajan valores medios mensuales.

La hipótesis que haremos aquí es que la e permanece constante

entre la hora de ocurrencia de la temperatura media (10 a 12 del día) y la temperatura máxima (14 a 15 horas), que corresponden respectivamente a las horas de HR media y mínima. Geiger (1957) al citar resultados de Fransila para localidades de Finlandia, encontro un comportamiento de e muy similar al que se está suponiendo en este punto (Fig. 6).

Si en la ecuación (2.4) se sustituye la temperatura máxima media mensual (T_{max}) se obtendrá la presión de vapor máxima media mensual (e_{smax}). La Ec. (2.5) en función de T y T_v medias mensuales dará el valor de e media mensual, que aquí se considerará que permanece constante entre las 10 y las 15 horas, como se mencionó anteriormente. De ese modo, la humedad relativa mínima media mensual (HR_{min}) será, en similitud con la Ec.2.7:

$$HR_{min} = \frac{\{ \exp 19.85(1-273/T_v) - 0.108(T-T_v)(P_0-p_{gh})/P_0 \}}{\exp 19.85(1-273/T_{max})} \quad (2.8)$$

Los valores máximos medios mensuales de HR se obtienen de la definición de promedio:

$$HR_{max} = 2 HR - HR_{min} \quad (2.9)$$

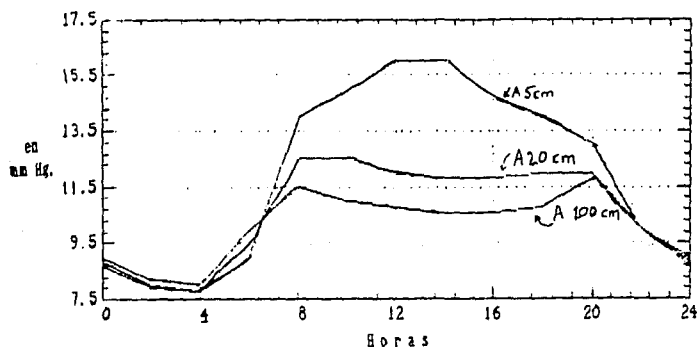


FIGURA 6. Variación diaria de la presión de vapor a varias alturas sobre el suelo en un lugar de Finlandia (De Fransila, citado por Geiger, 1957).

3. MODELO EXPONENCIAL DE LA MARCHA DIARIA DE VARIABLES HIGROTÉRMICAS

3.1 EL MODELO EXPONENCIAL SIMPLE

Varias 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. Allen (1976), Hansen y Driscoll (1977), Johnson y Fitzpatrick (1977 a,b), Parton y Logan (1981), Floyd y Braddock (1984), Wann *et al.* (1985) y Kimball y Bellamy (1986) han elaborado modelos a base de funciones senoidales y Carson (1963) hizo un modelo con análisis de Fourier.

En este trabajo se está suponiendo que las marchas diarias de T , T_w y HR ocurren como el la Fig. 7, lo que habían anticipado

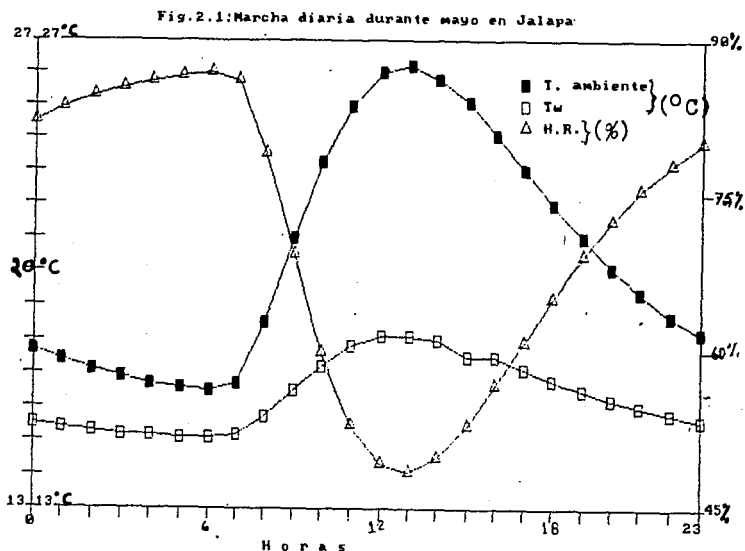


FIGURA 7. Marcha diaria promedio mensual de T , T_w y HR. durante mayo en Jalapa, Ver.

Geiger (1957, Cap.8). Matveev (1967, pp. 206-7) y Lowry (1967, pp. 33-5) entre otros. Debe notarse que ninguna de las curvas de la Fig. 7 se puede simular a partir de una función senoidal, pues para las temperaturas la rapidez de crecimiento de la curva es mayor que la de decrecimiento, y para la HR el proceso se invierte. La condición antes señalada la representa la función:

$$Y = a t^b \exp(ct) \quad (3.1)$$

donde t es el tiempo y la terna (a, b, c) determina la forma de la onda. De esta manera la temperatura horaria media mensual (T_H) puede evaluarse así:

$$T_H = T_{min} + Y (T_{max} - T_{min}). \quad (3.2)$$

El autor de este trabajo hizo una estimación preliminar de (a, b, c) considerando lo siguiente:

- a) $Y = 0$ a la salida del Sol, cuando $T_H = T_{min}$;
- b) $Y = 1$ pasado el medio día (14 o 15 horas), cuando $T_H = T_{max}$;
- c) $Y = 1/2$ cuando $T_H = T_{media}$. Esta última condición se satisface a partir de la definición de promedio de una función continua:

$$T_{media} = \frac{\int_{t_0}^{t_0+r} T_H dt}{r} \quad (3.3)$$

donde t_0 es la hora de salida del Sol y r es el periodo de rotación de la Tierra (para efectos prácticos, igual a 24 horas).

Otra variable que debe considerarse para evaluar (a, b, c) es la latitud.

Con el objeto de hacer un cálculo lo más preciso posible, Guerrero (1989) usó un año de temperaturas diarias (1979) de las localidades que se indican en la Tabla III, y con cálculos estadísticos obtuvo los valores de (a, b, c) que se indican en la Tabla IV.

TABLA III

Sitios usados para evaluar las constantes de la Ec. 3.2

Sitios	Latitud (°N)	Longitud (°W)	Altitud (m)
Hermosillo	29°4'	110°58'	237
Torreon	25°32'	103°27'	1013
Monterrey	25°40'	100°18'	538
Tempico	22°13'	97°51'	12
Manzanillo	19°3'	104°17'	8
Jalapa	19°32'	96°55'	1427
Tacubaya	19°24'	99°12'	2308
Tapachula	14°55'	92°16'	182
S. Cristobal las Casas	16°44'	92°38'	2276
Merida	20°59'	89°39'	9

TABLA IV

Valores de a, b, c y d en función de la latitud y la época del año para la Republica Mexicana

Meses	Latitud	Valores		
		a	b	c
Marzo a Octubre	≥ 23.5° N	0.026	3.190	-0.375
Noviembre a Febrero	≥ 23.5° N	0.023	3.436	-0.421
Enero a Diciembre	< 23.5° N	0.096	2.422	-0.339

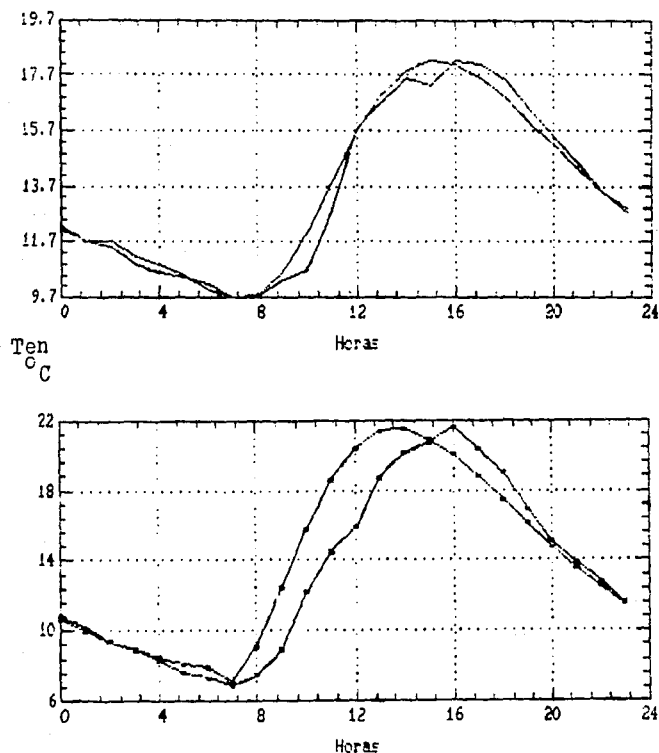
El modelo exponencial (Ec.3.2) también puede usarse para simular el comportamiento horario medio mensual de la temperatura de bulbo húmedo (T_w) o de índices bioclimáticos que son funciones lineales de la temperatura ambiente (como el IC = $[T+T_w]/2$).

Aunque, desde luego, para la HR la relación es como sigue (Véase Fig. 7, y Lowry, 1967 pg.76):

$$HRH = HR_{min} + (1-y)(HR_{max} - HR_{min}), \quad (3.4)$$

3.2 SOBRE LA CALIDAD DE SIMULACION DEL MODELO EXPONENCIAL

Las gráficas de la Figs. 8 muestran, respectivamente, el mejor y el peor ajuste del modelo exponencial de la marcha diaria de la temperatura. No obstante que esas figuras parecen ser elocuentes en cuanto a la bondad del modelo, en el resto de esta sección se le compara con los resultados de un trabajo de evaluación de varios métodos de simulación de la marcha diaria de la temperatura.



FIGURAS 8. (A) Arriba, el mejor ajuste del modelo exponencial (Hermosillo, enero de 1979). La curva suave es lo estimado, y la quebrada lo observado. Se tuvo un coeficiente de correlación de 0.987 y una χ^2 de 0.4°C.

(B) abajo, el peor ajuste: Tacubaya, D.F., enero de 1979. Coeficiente de correlación de 0.934 y $\chi^2 = 5.1$ °C.

Reicosky *et al.* (1989) determinaron la bondad de ajuste de cinco métodos reportados en la literatura, seleccionados por su uso en modelos de crecimiento de plantas y por su sencillez. Para ello usaron cuatro años de datos de temperatura a 2 metros de altura sobre pasto húmedo. Los errores absolutos medios para periodos de 24 horas variaron entre 0.5 y 9.3°C.

Los parámetros estadísticos usados por Reicosky *et al.* (1989) para evaluar la bondad de los modelos, también se aplicaron al modelo exponencial expuesto páginas atrás, y se hizo una comparación con el mejor de los métodos reportados por Reicosky *et al.* Tales calificaciones estadísticas son:

a) El error absoluto medio (AME), definido como la suma del valor absoluto de la diferencia entre las temperaturas estimadas (\hat{e}) y las observadas (e):

$$AME = \frac{\sum_{i=1}^n |T_{ei} - \hat{T}_{ei}|}{n} \quad (3.5)$$

donde n es el número de observaciones.

b) La raíz del error cuadrático medio (RMSE):

$$RMSE = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (T_{ei} - \hat{T}_{ei})^2}{n} \right]^{1/2} \quad (3.6)$$

c) La suma de los residuales (RES) y la suma del valor absoluto de los residuales |RES|:

$$RES = \sum_{i=1}^n (T_{ei} - \hat{T}_{ei}) \quad (3.7)$$

d) El coeficiente de determinación o coeficiente de correlación al cuadrado (R^2):

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (T_{ei} - \bar{T}_{e})^2}{\sum_{i=1}^n (T_{ei} - \bar{T}_{e})^2} \quad (3.8)$$

donde \bar{T} es la media de los T_i , $i = 1, 2, \dots, n$.

De los cinco modelos analizados por Keicosky, el mejor fue el de De Wit *et al.* (1978). Su calificación estadística y la comparación con el modelo exponencial se muestran en la tabla 3.

El método de De Wit *et al.* (1978) supone la temperatura máxima diaria (T_M) a las 14 h locales, y la mínima diaria (T_m) al amanecer (H_0). Si H es la hora, las temperaturas horarias se calculan así:

a) Para $0 \leq H \leq H_0$ o $14 \text{ h} < H \leq 24 \text{ h}$; con $H' = H + 10$ si $H < H_0$; $H' = 14$ si $H > 14 \text{ h}$:

$$T_h = \frac{T_m + T_M}{2} + \frac{T_M - T_m}{2} \cos \left[\frac{\pi H'}{10 + H_0} \right] \quad (3.9)$$

b) Para $H_0 < H \leq 14 \text{ h}$; con $H' = H + 10$ si $H < H_0$; $H' = 14$ si $H > 14 \text{ h}$:

$$T_h = \frac{T_m + T_M}{2} - \frac{T_M - T_m}{2} \cos \left[\frac{\pi (H - H_0)}{14 - H_0} \right] \quad (3.10)$$

Fácilmente se ve que el modelo exponencial y el método de De Wit tienen el mismo grado de dificultad para evaluar las temperaturas horarias a partir de las máximas y las mínimas, sólo que el modelo exponencial es para valores horarios medios mensuales y el de De Wit para temperaturas horarias diarias.

El modelo exponencial presentado tiene una mayor exactitud que el de De Wit, el mejor de los métodos analizados por Reicosky et al. (ver Tabla V). La razón estriba en que el modelo exponencial tiene cuatro puntos de ajuste: la hora de la temperatura mínima, la de la máxima y las dos horas que corresponden a la temperatura media. También que la temperatura horaria media mensual tiene un comportamiento más regular que la temperatura horaria diaria, porque esta última se ve afectada mayormente por la advección.

TABLA V

Bondad de ajuste del modelo exponencial y el de De Wit et al.

	De Wit et al.	Modelo Exponencial		
		Mejor caso	Peor caso	Todos
AME (°C)	1.0	0.3	1.4	0.9
RMSE (°C)	1.5	0.5	2.0	1.3
RES (°C)	-12.6	-1.3	-17.0	-9.2
RES (°C)	24.0	3.7	16.3	10.0
R ²	0.95	0.97	0.84	0.91

4. TABLAS HORARIAS DE CONFORT HIGROTÉRMICO

4.1 TEMPERATURA AMBIENTE

Conviene recalcar que los datos aquí presentados no constituyen una evaluación bioclimática, sino apenas una aproximación al estado del confort higrotérmico. Se prefirió mostrar los resultados categorizados y no en su valor numérico, pues no se hicieron pruebas de ajuste de los resultados finales sino solo de los parciales, ya que evaluar los datos finales hubieran significado que se contaba con mediciones de ellos, cuando en realidad su ausencia motivó el desarrollo de esta metodología de simulación.

Para la temperatura ambiente, tomando en cuenta que se trata de valores horarios medios mensuales a la sombra que no incluyen el incremento térmico de la irradiación de paredes, pavimentos, etc. (Landsberg, 1981: pp.248-49), se establecieron siete intervalos, a partir de la temperatura preferente o *termopreferéndum* de las personas aclimatadas al sitio, y que según Tudela (1982, p. 52) tiene la expresión:

$$T_p = 17.2^{\circ}\text{C} + \frac{T_{\text{media anual}}}{4} \quad (4.1)$$

El intervalo de temperaturas adecuadas será $T_p \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Ese criterio de usar una escala relativa a cada sitio, tiene la ventaja de tomar en cuenta los procesos de aclimatización, que hacen que una persona de zonas cálidas sea más sensible a las temperaturas bajas que a las altas, y una persona aclimatada en lugares fríos responda de manera inversa.

Sobre el particular debe recordarse que desde 1931 Wilder postuló el principio fisiológico del valor inicial; es decir, que el impacto de una perturbación en el cuerpo humano está relacionado con el estado inicial del sistema fisiológico (Tromp, 1974).

Así, la perturbación se registra si sale del intervalo $T_p \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Si T_H es la temperatura horaria media mensual, los intervalos correspondientes a la siguiente serie de gráficas son:

$T_H > T_F + 10$: Torrido.
 $T_F + 6 \leq T_H \leq T_F + 10$: Muy calido.
 $T_F + 2 \leq T_H < T_F + 6$: Calido.
 $T_F - 2 \leq T_H < T_F + 2$: Templado.
 $T_F - 6 \leq T_H < T_F - 2$: Subtemplado..
 $T_F - 10 \leq T_H < T_F - 6$: Frio.
 $T_H < T_F - 10$: Muy frio.

Debe enfatizarse que los calificativos de sensacion termica dados en las tablas de la seccion 4.1, y de confort de las tablas de la seccion 4.3, corresponden a una persona en actitud sedentaria, a la sombra y con una ventilacion minima. Esto es logico, pues la informacion meteorologica proviene de instrumentos ubicados en el interior de una caseta, por lo que estahn, precisamente, a la sombra y ventilados.

NOTA: La ubicacion de todos los sitios cuyas tablas se incluyen en este capitulo, se muestra en la Fig. 1.

LOCALIDAD : CORDOBA VER

18.9 N; 96.9 W; 925 msnm

Temperatura Ambiente

PROMEDIOS HORARIOS

23													
22													
21													
20													
19													
18													
17													
16													
15													
14													
13													
12													
11													
10													
9													
8													
7													
6													
5													
4													
3													
2													
1													
0													

HORA ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SEP OCT NOV DIC

	TORRIDO		SUBTEMPLADO
	MUY CALIDO		FRIO
	CALIDO		MUY FRIO
	TEMPLADO		

(APLICABLE A PERSONAS ACLIMATADAS AL SITIO)

LOCALIDAD : CUSAMALOAPAN

18.4 N; 95.8 W; 96 msnm

Temperatura Ambiente

PROMEDIOS HORARIOS

23	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
22	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
21	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
20	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
19	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
18	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
17	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
16	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
15	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
14	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
13	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
12	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
11	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
10	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
9	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
8	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
7	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
6	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
5	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
4	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
3	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
2	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
1	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
0	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000

HORA ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SEP OCT NOV DIC

■	TORRIDO	●●●●●	SUBTEMPLADO
▨	MUY CALIDO	●●●●●	FRIO
▲	CALIDO	●●●●●	MUY FRIO
▩	TEMPLADO		

(APLICABLE A PERSONAS ACLIMATADAS AL SITIO)

LOCALIDAD : CHICONTEPEC





21 N; 98.2 W; 595 msnm




Temperatura Ambiente

PROMEDIOS HORARIOS

23	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
22	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
21	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
20	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
19	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
18	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
17	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
16	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
15	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
14	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
13	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
12	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
11	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
10	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
9	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
8	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
7	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
6	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
5	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
4	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
3	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
2	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
1	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
0	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000

HORA ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SEP OCT NOV DIC

 TORRIDO
 MUY CALIDO
 CALIDO
 TEMPLADO

 SUBTEMPLADO
 FRIO
 MUY FRIO

(APLICABLE A PERSONAS ACLIMATADAS AL SITIO)

LOCALIDAD : JALACINGO

19.8 N; 97.3 W; 1950 msnm

Temperatura Ambiente

PROMEDIOS HORARIOS

23	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
22	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
21	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
20	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
19	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
18	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
17	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
16	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
15	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
14	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
13	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
12	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
11	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
10	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
9	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
8	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
7	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
6	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
5	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
4	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
3	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
2	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
1	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
0	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000

HORA ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SEP OCT NOV DIC

■■■■■■■ TORRIDO ■■■■■■ SUBTEMPLADO

■■■■■■■ MUY CALIDO ■■■■■■ FRIO

■■■■■■■ CALIDO ■■■■■■ MUY FRIO

■■■■■■■ TEMPLADO

(APLICABLE A PERSONAS ACLIMATADAS AL SITIO)

LOCALIDAD : LAS VIGAS

19.6 N; 97.1 W; 2400 msnm

Temperatura Ambiente

PROMEDIOS HORARIOS

23	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
22	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
21	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
20	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
19	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
18	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
17	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
16	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
15	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
14	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
13	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
12	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
11	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
10	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
9	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
8	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
7	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
6	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
5	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
4	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
3	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
2	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
1	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
0	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000

HORA ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SEP OCT NOV DIC

■■■■■■■ TORRIDO

■■■■■■■ SUBTEMPLADO

■■■■■■■ MUY CALIDO

■■■■■■■ FRIO

■■■■■■■ CALIDO

■■■■■■■ MUY FRIO

■■■■■■■ TEMPLADO

(APLICABLE A PERSONAS ACLIMATADAS AL SITIO)

LOCALIDAD : TIERRA BLANCA

18.5 N; 96.4 W; 60 msnm

Temperatura Ambiente

PROMEDIOS HORARIOS

HORA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
23												
22												
21												
20												
19												
18												
17												
16												
15												
14												
13												
12												
11												
10												
9												
8												
7												
6												
5												
4												
3												
2												
1												
0												

■■■■■ TORRIDO
 ■■■■■ SUBTEPLADO
 ■■■■■ MUY CALIDO
 ■■■■■ FRIO
 ■■■■■ CALIDO
 ■■■■■ MUY FRIO
 ■■■■■ TEPLADO

(APLICABLE A PERSONAS ACLIMATADAS AL SITIO)

4.2 HUMEDAD RELATIVA

Las categorías o intervalos de humedad relativa usadas en esta tesis, se establecieron de manera más bien arbitraria. Se tomo como intervalo central aquel que contuviera a la HR = 50% porque para obtener las recomendaciones de diseño arquitectónico o urbanístico con los diagramas de Olgay o Givoni (Figs.4A y 4B), se considera que el centro de la zona de confort (Tudela, 1982; pg.52) corresponde al punto de coordenadas (Tp, HR = 50%) .

La razón por la cual se presenta a la humedad categorizada, es esa misma incertidumbre de los resultados del proceso de simulación. No obstante, para este caso no se usa un *higropreferendum*, en cuya búsqueda se sigue trabajando.

Así los intervalos de humedad relativa quedan:

HR \geq 90; Muy Húmedo.
70 < HR < 90; Húmedo.
50 < HR \leq 70; Subhúmedo.
25 < HR \leq 50; Semiseco.
HR \leq 25; Seco.

LOCALIDAD : ACAYUCAN

18 N; 94.9 W; 90 msnm

Humedad Relativa

PROMEDIOS HORARIOS

23												
22												
21												
20												
19												
18												
17												
16												
15												
14												
13												
12												
11												
10												
9												
8												
7												
6												
5												
4												
3												
2												
1												
0												
HORA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC

||||| MUY HUMEDO

||||| SEMISECO

||||| HUMEDO

||||| SECO

||||| SUBHUMEDO

Humedad Relativa

PROMEDIOS HORARIOS

23												
22												
21												
20												
19												
18												
17												
16												
15												
14												
13												
12												
11												
10												
9												
8												
7												
6												
5												
4												
3												
2												
1												
0												

HORA ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SEP OCT NOV DIC

||||| MUY HUMEDO

||||| SEMISECO

||||| HUMEDO

||||| SECO

||||| SUBHUMEDO

LOCALIDAD : COSAMALOAPAN

18.4 N; 95.8 W; 96 msnm

Humedad Relativa

PROMEDIOS HORARIOS

HORA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
23												
22												
21												
20												
19												
18												
17												
16												
15												
14												
13												
12												
11												
10												
9												
8												
7												
6												
5												
4												
3												
2												
1												
0												

||||| MUY HUMEDO
 ||||| HUMEDO
 ||||| SEMISECO
 ||||| SECO
 ||||| SUBHUMEDO

LOCALIDAD : CHICONTEPEC

21 N; 98.2 W; 595 msnm

Humedad Relativa

PROMEDIOS HORARIOS

23												
22												
21												
20												
19												
18												
17												
16												
15												
14												
13												
12												
11												
10												
9												
8												
7												
6												
5												
4												
3												
2												
1												
0												

HORA ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SEP OCT NOV DIC

||||| MUY HUMEDO

||||| SEMISECO

||||| HUMEDO

||||| SECO

||||| SUBHUMEDO

LOCALIDAD : JALACINGO

19.8 N; 97.3 W; 1950 msnm

Humedad Relativa

PROMEDIOS HORARIOS

23												
22												
21												
20												
19												
18												
17												
16												
15												
14												
13												
12												
11												
10												
9												
8												
7												
6												
5												
4												
3												
2												
1												
0												

HORA ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SEP OCT NOV DIC

||||| MUY HUMEDO

||||| SEMISECO

||||| HUMEDO

||||| SECO

||||| SUBHUMEDO

LOCALIDAD : JALAPA

19.5 N; 96.9 W; 1430 msnm

Humedad Relativa

PROMEDIOS HORARIOS

23												
22												
21												
20												
19												
18												
17												
16												
15												
14												
13												
12												
11												
10												
9												
8												
7												
6												
5												
4												
3												
2												
1												
0												

HORA ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SEP OCT NOV DIC

||||| MUY HUMEDO

||||| SEMISECO

||||| HUMEDO

||||| SECO

||||| SUBHUMEDO

LOCALIDAD : JESUS CARRANZA

17.4 N; 95 W; 20 msnm

Humedad Relativa

PROMEDIOS HORARIOS

HORA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
23												
22												
21												
20												
19												
18												
17												
16												
15												
14												
13												
12												
11												
10												
9												
8												
7												
6												
5												
4												
3												
2												
1												
0												

||||| MUY HUMEDO
 ||||| SEMISECO
 ||||| HUMEDO
 ||||| SECO
 ||||| SUBHUMEDO

LOCALIDAD : JOSE CARDEL

19.4 N; 96.4 W; 30 msnm

Humedad Relativa

PROMEDIOS HORARIOS

HORA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
23	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
22	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
21	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
20	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
19	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
18	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
17	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
16	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
15	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
14	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
13	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
12	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
11	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
10	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
9	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
8	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
7	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
6	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
5	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
4	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
3	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
2	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
1	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====
0	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====	=====

===== MUY HUMEDO
 ===== SEMISECO
 ===== HUMEDO
 ===== SECO
 ===== SUBHUMEDO

LOCALIDAD : LAS VIGAS

19.6 N; 97.1 W; 2400 msnm

Humedad Relativa

PROMEDIOS HORARIOS

HORA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
23												
22												
21												
20												
19												
18												
17												
16												
15												
14												
13												
12												
11												
10												
9												
8												
7												
6												
5												
4												
3												
2												
1												
0												

||||| MUY HUMEDO

||||| SEMISECO

||||| HUMEDO

||||| SECO

||||| SUBHUMEDO

LOCALIDAD : MTZ DE LA TORRE

20.1 N; 97 W; 150 msnm

Humedad Relativa

PROMEDIOS HORARIOS

HORA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
23												
22												
21												
20												
19												
18												
17												
16												
15												
14												
13												
12												
11												
10												
9												
8												
7												
6												
5												
4												
3												
2												
1												
0												

||||| MUY HUMEDO
 ||||| HUMEDO
 ||||| SUBHUMEDO

LOCALIDAD : MISANTLA

19.9 N; 96.8 W; 410 msnm

Humedad Relativa

PROMEDIOS HORARIOS

23												
22												
21												
20												
19												
18												
17												
16												
15												
14												
13												
12												
11												
10												
9												
8												
7												
6												
5												
4												
3												
2												
1												
0												

HORA ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SEP OCT NOV DIC

||||| MUY HUMEDO

||||| SEMISECO

||||| HUMEDO

||||| SECO

||||| SUBHUMEDO

LOCALIDAD : ORIZABA

18.9 N; 97.1 W; 1284 msnm

Humedad Relativa

PROMEDIOS HORARIOS

HORA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
23	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
22	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
21	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
20	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
19	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
18	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
17	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
16	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
15	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
14	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
13	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
12	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
11	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
10	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
9	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
8	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
7	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
6	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
5	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
4	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
3	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
2	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
1	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
0	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####

MUY HUMEDO
 ##### HUMEDO
 ##### SUBHUMEDO

LOCALIDAD : PANUCO

22 N; 98.2 W; 60 msnm

Humedad Relativa

PROMEDIOS HORARIOS

HORA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
23												
22												
21												
20												
19												
18												
17												
16												
15												
14												
13												
12												
11												
10												
9												
8												
7												
6												
5												
4												
3												
2												
1												
0												

||||| MUY HUMEDO
 ||||| SEMISECO
 ||||| HUMEDO
 ||||| SECO
 ||||| SUBHUMEDO

LOCALIDAD : POZA RICA

20.5 N; 97.5 W; 150 msnm

Humedad Relativa

PROMEDIOS HORARIOS

HORA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
23												
22												
21												
20												
19												
18												
17												
16												
15												
14												
13												
12												
11												
10												
9												
8												
7												
6												
5												
4												
3												
2												
1												
0												

||||| MUY HUMEDO

||||| HUMEDO

||||| SUBHUMEDO

||||| SEMISECO

||||| SECO

LOCALIDAD : SANTIAGO TUXTLA

18.5 N; 95.3 W; 210 msnm

Humedad Relativa

PROMEDIOS HORARIOS

HORA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
23	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
22	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
21	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
20	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
19	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
18	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
17	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
16	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
15	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
14	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
13	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
12	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
11	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
10	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
9	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
8	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
7	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
6	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
5	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
4	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
3	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
2	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
1	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
0	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####

MUY HUMEDO

SEMISECO

HUMEDO

SECO

SUBHUMEDO

LOCALIDAD : TANTOYUCA

21.4 N; 98.2 W; 215 msnm

Humedad Relativa

PROMEDIOS HORARIOS

HORA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
23	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
22	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
21	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
20	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
19	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
18	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
17	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
16	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
15	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
14	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
13	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
12	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
11	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
10	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
9	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
8	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
7	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
6	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
5	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
4	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
3	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
2	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
1	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####
0	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####	#####

MUY HUMEDO
 ##### HUMEDO
 ##### SUBHUMEDO

SEMISECO
 ##### SECO

LOCALIDAD : VERACRUZ

19.2 N; 96 W; 16 msnm

Humedad Relativa

PROMEDIOS HORARIOS

HORA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
23												
22												
21												
20												
19												
18												
17												
16												
15												
14												
13												
12												
11												
10												
9												
8												
7												
6												
5												
4												
3												
2												
1												
0												

||||| MUY HUMEDO ||||| SEMISECO
 ||||| HUMEDO ||||| SECO
 ||||| SUBHUMEDO

4.3 INDICE DE CONFORT.

Jauregui y Soto (1967) usan el *índice de incomodidad* como la suma (T + Tw). Aquí se entenderá por índice de confort la semisuma:

$$IC = \frac{T + Tw}{2} \quad (4.2)$$

cuyos valores oscilan en el rango común de la temperatura ambiente. El propósito es evaluar conjuntamente el efecto de la temperatura y la humedad. Conocidos los valores extremos medios mensuales de T y Tw, se calcularon el IC_{max} y el IC_{min} medios mensuales. Es claro que el IC debe seguir una marcha diaria similar a la Fig. 3; es decir, que es válido usar como modelo de simulación de su marcha diaria media mensual una ecuación similar a la (3.2):

$$IC_H = IC_{min} + Y (IC_{max} - IC_{min}) \quad (4.3)$$

donde Y tiene la expresión de (3.1).

De manera similar a como se hizo con la temperatura, se postularon intervalos de IC a partir de un valor preferente para los habitantes aclimatados en cada lugar. Se extendió la expresión 4.1 para definir el *índice de confort preferente*:

$$IC_p = 17.2^{\circ}C + \frac{IC \text{ medio mensual}}{2} \quad (4.4)$$

Los intervalos, entonces, quedaron así:

- IC > IC_p + 10; Sofocante
- IC_p + 6 ≤ IC ≤ IC_p + 10; Bochornoso.
- IC_p + 2 ≤ IC < IC_p + 6; Caluroso
- IC_p - 2 ≤ IC < IC_p + 2; Agradable
- IC_p - 6 ≤ IC < IC_p - 2; Fresco
- IC_p - 10 ≤ IC < IC_p - 6; Frío.
- IC < IC_p - 10; Gélido

LOCALIDAD : CHICONTEPEC

21 N; 98.2 W; 595 msnm

Indice de Confort

PROMEDIOS HORARIOS

23	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
22	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
21	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
20	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
19	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
18	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
17	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
16	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
15	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
14	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
13	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
12	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
11	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
10	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
9	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
8	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
7	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
6	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
5	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
4	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
3	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
2	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
1	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
0	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000

HORA ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SEP OCT NOV DIC

■■■■■	SOFOCANTE						■■■■■	FRESCO					
■■■■■	BOCHORNOSO						■■■■■	FRIO					
■■■■■	CALUROSO						■■■■■	GELIDO					
■■■■■	AGRADABLE												

(APLICABLE A PERSONAS ACLIMATADAS AL SITIO)

LOCALIDAD : JALACINGO

19.8 N; 97.3 W; 1950 msnm

Indice de Confort

PROMEDIOS HORARIOS

23	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
22	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
21	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
20	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
19	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
18	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
17	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
16	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
15	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
14	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
13	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
12	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
11	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
10	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
9	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
8	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
7	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
6	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
5	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
4	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
3	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
2	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
1	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
0	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
HORA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	

■■■■■■■	SOFOCANTE	■■■■■■■	FRESCO
▨▨▨▨▨	BOCHORNOSO	▨▨▨▨▨	FRIO
▧▧▧▧▧	CALUROSO	▧▧▧▧▧	GELIDO
▩▩▩▩▩	AGRADABLE		

(APLICABLE A PERSONAS ACLIMATADAS AL SITIO)

LOCALIDAD : LAS VIGAS

19.6 N; 97.1 W; 2400 msnm

Indice de Confort

PROMEDIOS HORARIOS

23	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
22	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
21	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
20	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
19	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
18	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
17	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
16	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
15	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
14	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
13	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
12	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
11	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
10	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
9	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
8	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
7	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
6	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
5	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
4	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
3	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
2	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
1	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
0	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000

HORA ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SEP OCT NOV DIC

████████	SOFOCANTE	████████	FRESCO
▒▒▒▒▒▒	BOCHORNOSO	▒▒▒▒▒▒	FRIO
░░░░░░	CALUROSO	░░░░░░	GELIDO
	AGRADABLE		

(APLICABLE A PERSONAS ACLIMATADAS AL SITIO)

LOCALIDAD : MISANTLA

19.9 N; 96.8 W; 410 msnm

Indice de Confort

PROMEDIOS HORARIOS

23	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
22	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
21	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
20	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
19	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
18	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
17	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
16	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
15	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
14	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
13	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
12	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
11	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
10	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
9	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
8	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
7	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
6	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
5	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
4	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
3	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
2	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
1	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
0	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000

HORA ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SEP OCT NOV DIC

■	SOFOCANTE	■■■■■	FRESCO
▨	BOCHORNOSO	00000	FRIO
▲	CALUROSO	000000	GELIDO
	AGRADABLE		

(APLICABLE A PERSONAS ACLIMATADAS AL SITIO)








LOCALIDAD : PANUCO

22 N; 98.2 W; 60 msnm

Indice de Confort

PROMEDIOS HORARIOS

HORA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0

 SOFOCANTE
 BOCHORNOSO
 CALUROSO
 AGRADABLE
 FRESCO
 FRIO
 GELIDO

(APLICABLE A PERSONAS ACLIMATADAS AL SITIO)





LOCALIDAD : TUXPAN

21 N; 97.4 W; 15 msnm

Indice de Confort

PROMEDIOS HORARIOS

HORA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
23												
22												
21												
20												
19												
18												
17												
16												
15												
14												
13												
12												
11												
10												
9												
8												
7												
6												
5												
4												
3												
2												
1												
0												

 SOFOCANTE
 BOCHORNOSO
 CALUROSO
 AGRADABLE

(APLICABLE A PERSONAS ACLIMATADAS AL SITIO)

5. DISCUSION Y RESULTADOS

Las tablas del capítulo anterior corresponden a 22 sitios del estado de Veracruz, distribuidos como lo muestra el mapa de la Fig. 1. Se les puede agrupar, para su interpretación, en seis:

- I. Los que están sobre la línea costera, cuyas altitudes son del orden de las decenas de metros: Tuxpan, 15 m; José Cardel, 30 m; Veracruz, 16 m; Nanchital, 15 m, y Alvarado, 10 m.
- II. Localidades ubicadas en el interior de la planicie costera al norte, con altitudes por abajo de los 200 m: Pánuco, 60 m; Martínez de la Torre, 150 m; Poza Rica, 150 m, y Tantoyuca, 215 m.
- III. Los que están en el interior de la planicie costera, pero al sur del estado: Tierra Blanca, con una altitud de 60 m; Santiago Tuxtla, 210 m; Jesús Carranza, 20 m, y Cosamaloapan, 96 m.
- IV. Localidades en las faldas de la Sierra Madre, con altitudes alrededor de los 500 m: Misantla, 410 m; Papantla, 300 m, y Chicontepec, 595 m.
- V. Sitios ubicados a mitad de la Sierra, con altitudes que van de 1000 a 1500 m: Jalapa, 1430 m; Orizaba, 1280 m y Córdoba, 924 m.
- VI. Puntos fríos de la sierra, a barlovento, con altitudes aproximadas a los 2000 m: Jalacingo y Las Vigas.

La agrupación anterior se debe a la coexistencia en el estado de Veracruz de la Sierra Madre Oriental y la Planicie Costera, como elementos fisiográficos más destacados (Jáuregui y Soto, 1975). Las invasiones de masas de aire polar en el invierno y tropical en el verano, junto con la extensión de la Planicie - que alrededor de los 19°N alcanza su máximo estrechamiento en la sierra de Misantla- moldean los climas de Veracruz, al sobreponerse al ciclo diario terral-brisa marina, más persistente cuando no hay nortes, sobre todo si la brisa marina se asocia con los vientos alisios (Tejeda, Acevedo y Jáuregui, 1989).

Así, en términos de confort higrotérmico son de destacarse las situaciones particularmente bochornosas -cuando no definitivamente sofocantes-, frecuentes en el interior de la planicie costera ubicada al sur de la Sierra de Misantla, como por ejemplo en Tierra Blanca (caso extremo), o Cosamaloapan.

Las masas tropicales son menos persistentes en la planicie al norte de la Sierra de Misantla, donde además los nortes son más frecuentes (Jáuregui y Soto, 1975; Jáuregui, 1975; Klauss, 1973), por lo que en esta parte las situaciones bochornosas son menores e incluso se presentan eventuales frios. Pero es más claro el contraste con sitios francamente en la línea costera, donde no se presentan casos sofocantes o bochornosos prolongados, sino más bien puntuales y alrededor de las 14 horas, como lo mostraron previamente Jáuregui y Soto (1967), merced a la ventilación de la brisa marina, cuyos efectos en sitios tierra adentro llegan retrasados y disminuidos (Jáuregui *et al.* 1984).

Así, la realidad se aleja de las condiciones de bienestar térmico en los meses de primavera y verano, más todavía en sitios de la llanura costera y con mayor acento en cuanto sean más sureños.

En las taldas de la sierra se viven mejores condiciones térmicas, con eventuales periodos de bochorno o de frío. La gráfica de IC en Chicontepec es muy ilustrativa.

En sitios medianamente altos no se presentan periodos sofocantes, pero en cambio los días con frío son más recurrentes, como ocurre con Xalapa en comparación con Orizaba y Córdoba. No obstante aun está lejos de la situación francamente fría de Jalacingo, todavía menos drástica que la de Las Vigas. Si tomamos en cuenta que la humedad es alta, habremos de imaginar la elevada sensación de frío en estos sitios gran parte del año.

De este modo, se presentan seis casos diferentes a resolver arquitectónica y urbanísticamente si se pretende hacer entrar a estos lugares en la zona de bienestar térmico. Para lograrlo, se puede empezar una evaluación mediante la combinación de datos de humedad y temperatura en diagramas como los de la Figs. 4(A y B).

* * *

Por otra parte, la metodología aquí mostrada permite reconstruir información de confort higrotérmico a partir de datos rutinarios de las estaciones termopluviométricas. Se presentan de tal modo que determinan el grado de bienestar higrotérmico en 22 localidades del estado de Veracruz. Los resultados parciales que fueron inferidos estadísticamente obtuvieron tal grado de ajuste

que son previsibles resultados finales de gran confiabilidad. Sin embargo, debe aceptarse que se trata de simulaciones que no consideran otras variables climáticas como la radiación y el viento, amén de que dejan de lado otros enfoques de evaluación como los que parten de analizar balances energéticos, y tampoco se calcularon otros índices como la temperatura efectiva o la entalpía debido a que el índice de confort como aquí se define, tiene la propiedad de ponderar la humedad y la temperatura y sus órdenes de magnitud son próximos a los de la temperatura ambiente, lo que permite mayor familiaridad al usuario.

También se resalta que la evaluación del confort higrotérmico no solo es útil para los humanos, sino que cada vez es más usado para aumentar la producción ganadera (Johnson y Hahn, 1982; De Dios-Vallejo, *et al.*, 1987).

No está de más insistir en que el modelo aquí propuesto (compuesto fundamentalmente por las Ecs. 2.2, 2.7, 2.8, 2.9, 2.11, 2.12, 2.13, 3.2 y 3.3) tiene una validez local, aunque la metodología puede intentarse para otras regiones.

De los varios aspectos de esta tesis que quedan abiertos para análisis posteriores más detallados, destacan la marcha diaria de la presión de vapor, supuesta constante durante la mañana en la sección 2.3 de este trabajo; el establecimiento de categorías higrotérmicas realmente representativas del confort de los habitantes de la zona de estudio, que mejoren los resultados mostrados en el Cap. 4., y en esto se incluye una validación o rectificación de la ecuación del *termopreferendum* (Ec. 4.1) y, posiblemente, la definición de un *Índice de Confort Preferente* y de un *higropreferendum*.

REFERENCIAS

- Allen, J.C. (1976). A modified sine wave method for calculating degree days. *Environ. Entomol.*, 5: 388-396.
- Beal, H.R. (1974). An operational windchill index. *Atmosphere*, 12: 19-30.
- Berry, F.A., Bolla, E., and Beers, N.R. (1945). "Handbook of meteorology". Mc. Graw-Hill Book, Co. New York.
- Boer, W. (1964). "Technische Meteorologie". Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig. (citado por Gregorczyk, 1968).
- Carson, J. E. (1963). Analysis of soil and air temperature by Fourier techniques. *J. Geophys. Res.*, 68: 2217-2232.
- Davis, I.R. (1986). The planning and maintenance of urban settlements to resist extreme climate forces. *Proceedings of the technical conference on Urban Climate (Mexico, 1984)*. WMO No. 652: 237-312.
- De Carmona, L.S. (1986). Human comfort in the urban tropics. *Ibidem*: 354-404.
- De Dios Vallejo, O.O., et al (1987). El ganado Holstein en el trópico húmedo mexicano. I. Condiciones meteorológicas por época y circadianas en relación a la producción de leche. *Universidad y Ciencia*, 4: 13-24.
- De Wit, C. T., Goudriaan, J. and van Laar, H. H. (1978). Simulation of Respiration and Transpiration of Crops. *Pudoc. Wageningen, The Netherlands*, 148 pp.
- Fanger, P.O. and Jonassen, N. (1974). Physical parameters of living working quarters of man. *Progress in biometeorology*, (S.W. Tromp, editor). Part I, 1: 129-137.
- Floyd, R. B. and Braddock, R. D.. (1984). A simple method for fitting average diurnal temperature curves. *Agric. For. Meteorol.*, 32: 107-119.
- Geiger, R. (1957). "The climate near the ground". Harvard Univ. Press, Cambridge. 494 pp.
- Givoni, B. (1974 A). Biometeorological index. *Progress in biometeorology*, (S.W. Tromp, editor). Part I, 1: 138-145.

- Givoni, B. (1974 B). Prediction of human subjective response to thermal stress. *Progress in biometeorology*. (S.W. Tromp, editor). Part I, 1: 147-152.
- Givoni, B. (1976). "Man, climate and architecture". Applied Science Publishers, London.
- Givoni, B. (1986). Design for climate in hot, dry cities. *Proceedings of the technical conference on Urban Climate (Mexico, 1984)*. WMO No. 652: 487-513.
- Gregorczyk, M. (1968). Bioclimates of the World related to air enthalpy. *Int. J. Biometeor.*, 12: 35-39.
- Guerrero, M. (1989). "Un modelo exponencial simple de la marcha de la temperatura en la Republica Mexicana". Tesis de Licenciatura. Fac. de Fisica de la Univ. Veracruzana.
- Haltiner, G.J. and Martin, F.L. (1968). "Dynamical and physical meteorology". Instituto del Libro, La Habana, Cuba: 469.
- Hansen, J. E. and Driscoll, D. M. (1977). A mathematical model for the generation of hourly temperatures. *J. Appl. Meteorol.*, 16: 935-948.
- Hernández, E. (1983). A, B, C de la climatización natural mediante uso idrecto e indirecto de la energía solar. *La revista solar*. No. 6: 6-16.
- Hernández, E. (1985). "Recomendaciones bioclimáticas para la vivienda en la ciudad de México". Edición del autor, México.
- Hernández, E. y Mayer, E. (1984): Recomendaciones de adecuación bioclimática para la Cd. de México: formato ejemplo. *Memorias del Congreso PLEA 84*. Pergamon Press, México. III Tomo.
- Jáuregui, E. (1971). Evaluación del bioclima en dos clinicas de la ciudad de México. *B. Inst. Geogr.*, IV: 23-36.
- Jáuregui, E. (1975). Los sistemas de tiempo en el Golfo de Mexico y su vecindad. *B. Inst. Geogr.*, VI: 7-36.
- Jáuregui, E. et al. (1984). "Aspectos de la circulación de la brisa marina en la planicie costera del sur de Veracruz". Fac. de Fisica de la Univ. Veracruzana.
- Jáuregui, E. and Soto, C. (1967). Wet-bulb temperature and discomfort index areal distribution in Mexico. *Int. J. Biometeor.*, 11: 21-28.

- Jáuregui, E. y Soto, C. (1975). La vertiente del Golfo de México: algunos aspectos fisiográficos y climáticos. *B. Inst. Geogr.* VI: 37-45.
- Johnson, H.D. and Hahn, G.L. (1982). Climate and animal productivity. *Handbook of Agricultural Productivity*, 2: 3-53. Miroslav Richeigl CRC Press Inc. (Citado por DeDios Vallejo et al, 1987).
- Johnson, M. E. and Fitzpatrick, E. A. (1977A). A comparison of two methods of estimating a mean diurnal temperature curve during daylight hours. *Arch. Meteorol. Geophys. Bioklimatol. Ser. B*, 25: 251-263.
- Johnson, M. E. and Fitzpatrick, E. A. (1977B). The monthly mean diurnal temperature curve. *Arch. Meteorol. Geophys. Bioklimatol. Ser. B*, 25: 265-274.
- Kimball, B. A. and Bellamy, L. A. (1986). Generation of diurnal solar radiation, temperature, and humidity patterns. *Energy Agric.* 5: 185-197.
- Klaus, D. (1973). Las invasiones de aire frío en los trópicos a sotavento de la Montañas Rocallosas. *Geof. Internacional*, 13: 99-143.
- Koenigsberg, et al (1977). "Viviendas y edificios en zonas calidas y tropicales". Ed. Paraninto, Madrid: 312 pp.
- Landsberg, H.E. (1972). "The assesment of human bioclimate". Tech. Note W.M.O., Nr. 123.
- Landsberg, H.E. (1973). Climate of the urban biosphere, en *Biometeorology: Proceedings of the Second International Bioclimatological Congress*. (Tromp, S.W. Editor). Pergammon Press: 71-83.
- Landsbeg, H.E. (1981). "The urban climate". Ac. Press, New York. 277 pp.
- Landsberg, H.E. (1986). Problem of design for cities in the tropicals. *Proceedings of the technical conference on Urban Climate (México, 1984)*. WMO No. 652: 461-72.
- Lowry, W.F. (1967). "Weather and Life: An Introduction to Biometeorology". Ac. press: 305 p.
- Lowry, W.F. (1977). Empirical estimation of urban effects on climate. A Problem Analysis. *J. Appl. Met.*, 16: 129-135.

- Matveev, L.I. (1967). "Fundamentals of General meteorology. Physics of the Atmosphere". Israel Program of Scientific Translations. Jerusalem: 699p.
- Munn, R.E. (1970). "Biometeorological Methods". Ac. Press, 335p.
- Niewolt, S. (1986). Design for climate in hot humid cities. WMO. No. 652.: 524-534.
- Oke, T.R. (1974). "Review of urban climatology 1968-1973". Tech. Note of WMO Nr. 134.
- Oke, T.R. (1977). "Review of urban climatology 1973-1976". Tech. Note of WMO Nr. 169.
- Olgay, V. (1962). Bioclimatic evaluation method for architectural applications. *Biometeorology: Proceedings of the Second International Bioclimatological Congress.* (Tromp, S.W. Editor). Pergamon Press: 246-61.
- Olgay, V. (1973). "Design with climate". Princeton Univ. Press. New Jersey: 190 pp.
- Parton, W. J. and Logan, J. A.. (1981). A model for diurnal variation in soil and air temperature. *Agric. Meteorol.* 23: 205-216.
- 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.
- Serv. Meteo. Nal. (1982). "Normales climatológicas 1941-1970". Mexico.
- Tanenbaum, J. and Sohar, E. (1960). The significance of cumulative discomfort index as a measure of daily heat load. *Solar Lab. Techcom.* Israel. (Citado por Jauregui y Soto, 1967).
- Tejeda, A., Acevedo, F y Jauregui, E. (1989). "Atlas climático del estado de Veracruz". Univ. Veracruzana, *Colec. Textos Universitarios*: 150p.
- Thom, E.C. (1959). Discomfort index. *Weatherwise*, 12: 57-60. (Citado por Lansberg, 1981).
- Tudela, F. (1982). "Ecodiseño". Univ. Aut. Metropolitana: 235p.
- Univ. Aut. de Baja California (1988). "Memorias de la reunión nacional sobre la energía y el confort". Mexicali: 334p.

Wadden, R.A. and Scheffer, P.A. (1987). "Contaminación del aire en interiores", Ed. Limusa, México: 257 p.

Wann, M., Yen, D. and Gold, H.J., (1985). Evaluation and calibration of three models for daily cycle of air temperature. *Agric. For. Meteorol.*, 34: 121-128.