

00376



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

"CARACTERIZACION BIOMETEOROLOGICA EN LA ZONA SUR
DE LA CIUDAD DE MEXICO Y SU RELACION CON LAS
ENFERMEDADES RESPIRATORIAS"

T E S I S

que para obtener el grado academico de
MAESTRO EN CIENCIAS
(ECOLOGIA Y CIENCIAS AMBIENTALES)

p r e s e n t a :

JUAN CERVANTES PEREZ

DIRECTORA DE TESIS: DRA. IRMA AURORA ROSAS PEREZ

MEXICO, D.F.

1993

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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.

INDICE

i	RESUMEN
ii	INDICE DE FIGURAS
iii	INDICE DE TABLAS
iv	INDICE DE GRAFICAS

Pág

I	INTRODUCCION	
1.1	Percepción y respuestas fisiológicas del hombre al estímulo meteorológico.....	5
1.1.1	La percepción térmica en el cuerpo humano.....	9
1.1.2	Respuestas fisiológicas del hombre al estímulo meteorológico.....	14
II	ANTECEDENTES	
2.1	La relación entre el tiempo atmosférico y las enfermedades respiratorias.....	16
2.2	Algunos aspectos del asma.....	19
2.3	Estudios sobre el asma como enfermedad meteorotrópica.....	22
III	METODO	
3.1	Zona de estudio.....	30
3.2	Registros meteorológicos y de enfermedades respiratorias.....	35
3.3	Indices biometeorológicos.....	37
3.4	Análisis preliminar de los datos meteorológicos.....	43
3.5	Análisis preliminar de los datos de las enfermedades agudas del aparato respiratorio (EAAR).....	47
3.6	Forma de análisis propuesta.....	51
IV	RESULTADOS.....	54
V	DISCUSION DE RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	63
	BIBLIOGRAFIA.....	70

RESUMEN

La influencia del tiempo atmosférico sobre la salud del hombre ha sido conocida desde la antigüedad. En la actualidad la biometeorología humana estudia las respuestas fisiológicas del ser humano como un sistema en el cual interactúan el organismo y el ambiente.

Los efectos que los cambios del tiempo atmosférico producen sobre las funciones corporales pueden ser detectados cuando, de manera directa o indirecta, esos cambios provocan que las personas más sensibles enfermen. En las enfermedades de tipo respiratorio se ha podido establecer la influencia atmosférica con relativa precisión.

En el presente estudio se utilizaron los registros meteorológicos de 1988 a 1990 de algunas estaciones de la Red de Monitoreo Ambiental de la SEDUE para caracterizar al tiempo atmosférico a través de los índices biometeorológicos: temperatura, índice de confort, poder de enfriamiento y entalpia. Se determinó si las variaciones de los valores mínimos diarios de esos índices en períodos cortos de tiempo (de 1 a 4 días) se relacionan con el número de pacientes que acudieron a consulta de urgencia con síntomas de enfermedad aguda del aparato respiratorio (EAAR): bronquitis, bronquiolitis, neumonía, etc. y asma al Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias en la ciudad de México durante el período 1988-1990.

El análisis por autocorrelación no reflejó estacionalidad para las EAAR, pero para el asma se presentó una tendencia de estacionalidad (agosto-noviembre). El mayor número de casos asmáticos se registró en pacientes de sexo femenino.

Los cambios negativos de la temperatura mínima mostraron tendencia de relación con las EAAR. El índice de correlación varió de $r=-0.17$ a $r=-0.51$ tanto en el análisis por períodos como por temporadas y, respecto a las segundas, el índice de correlación fue significativo en un 9% de las temporadas consideradas.

El poder de enfriamiento mínimo mostró tendencia de relación con el asma, tanto para sus cambios positivos como negativos. En el caso de los primeros, en el análisis por temporadas, el índice de correlación varió de $r=0.14$ a $r=0.48$ y fue significativo en un 23.5% de las temporadas consideradas, y de $r=-0.12$ a $r=-0.51$ para los segundos con un 18% de casos significativos en las temporadas analizadas. El análisis por correlaciones cruzadas mostró un retraso de 2 a 3 días entre los cambios del índice y el aumento de pacientes asmáticos.

Se incluyó la concentración máxima diaria de ozono y se utilizó un método iterativo para determinar el orden en que las variables (índices biometeorológicos y concentración máxima de ozono) entrarían en un modelo de regresión.

INDICE DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Modelo psico-fisiológico de percepción térmica (tomado de Auliciems, 1981).....	8
Figura 2. Rutas convectivas naturales de la capa límite sobre la cabeza (tomada de Lewis et al, 1969).....	16
Figura 3. Variaciones estacionales de mortalidad respiratorias enfermedades cardíacas y circulatorias en Inglaterra-Gales y Australia de 1931-1993 (tomada de Goldsmith y Perkins, 1963).....	18
Figura 4. Porcentaje de visitas clínicas diarias por asmáticos en los hospitales Bellevue, Harlem y Metropolitan en la Ciudad de Nueva York en septiembre de 1961 y de 1962 (tomada de Greenburg et al., 1963).....	24
Figura 5. Incidencia mensual de asma en relación a los elementos del tiempo atmosférico (promedio de 6 años). La temperatura media, con un retraso de 1.5 meses, ha sido sobrepuesta al histograma del asma para mostrar la correspondencia entre ellas de mayo a octubre. (tomada de Derrick, 1965).....	25
Figura 6. Anomalías de la temperatura ambiental observadas en Ciudad Universitaria, de la consulta externa y de urgencias del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias en 1985 (tomadas de Galindo et al., 1988).....	29
Figura 7. Zonas climáticas de la Ciudad de México (tomada de Jáuregui, 1975).....	34
Figura 8. Localización de las estaciones Pedregal (T), Cerro de la Estrella (Q), Merced (X), Xalostoc (L) y Tlanepantla (F) de la Red de Monitoreo Ambiental del Valle de México.....	36
Figura 9. Períodos y temporadas analizadas para EAAR y asma....	52

Tabla 1.	Relaciones asumidas entre el ambiente térmico-sensación térmica y la respuesta termoregulatoria (toma de Aulicisms, 1981).....	9
Tabla 2.	Principales características de las zonas climáticas de la Ciudad de México (tomada de Jáuregui, 1975)....	35
Tabla 3.	Comparación de los datos de Pedregal (T) con las demás estaciones bajo una prueba de (p 0.05)....	47
Tabla 4.	Estructura de edades para los pacientes diagnosticados con asma en la consulta de urgencias del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias en el período 1988-1990.....	48
Tabla 5.	Coefficientes de correlación (r) entre la temperatura mínima (TP) y las EAAR por períodos.....	56
Tabla 6.	Coefficientes de correlación (r) entre el índice de confort mínimo (IC) y las EAAR por períodos.....	56
Tabla 7.	Coefficientes de correlación (r) entre la temperatura mínima y las EAAR por temporadas.....	57
Tabla 8.	Coefficientes de correlación (r) entre en índice de confort mínimo (IC) y las EAAR por temporadas.....	57
Tabla 9.	Coefficientes de correlación (r) entre el poder de enfriamiento mínimo (K) y asma por períodos.....	58
Tabla 10.	Coefficientes de correlación (r) entre el poder de enfriamiento mínimo (K) y asma por temporadas.....	58
Tabla 11.	Correlaciones cruzadas para las EAAR y la temperatura mínima en enero-febrero de 1988.....	59
Tabla 12.	Correlaciones cruzadas para asma y poder de enfriamiento mínimo (positivo y negativo) en abril-mayo de 1989.....	60
Tabla 13.	Coefficientes de correlación múltiple (R) entre los casos de asma, poder de enfriamiento mínimo (K) y concentración máxima de ozono (O3) para los períodos y temporadas de 1988.....	60
Tabla 14.	Correlaciones parciales entre asma-poder de enfriamiento y asma-concentración máxima de ozono para algunos períodos y temporadas de 1988.....	61
Tabla 15.	Correlaciones parciales entre asma-poder de enfriamiento y asma-concentración máxima de ozono obtenidas por el procedimiento STEPWISE (método iterativo) en enero-febrero (cambios negativos del poder de enfriamiento mínimo) y abril-mayo (cambios positivos del poder de enfriamiento mínimo) en 1988.....	61

INDICE DE GRAFICAS

Pág

Gráfica 1.	Representación gráfica del índice poder de enfriamiento.....	42
Gráfica 2.	Marcha diurna de la temperatura (TP), índice de confort (IC) y poder de enfriamiento (K) en Pedregal (T), Cerro de la Estrella (Q), Merced (X), Xalostoc (L) y Tlanepantla el 8 de enero de 1988.....	44
Gráfica 3.	Tendencia de los promedios móviles y mensuales de las EAAR en el período 1988-1990.....	49
Gráfica 4.	Tendencia de los promedios móviles y mensuales de asma en el período 1988-1990.....	50
Gráfica 5.	Indices de correlación estimados por correlaciones cruzadas entre las EAAR y temperatura mínima en enero-febrero de 1988.....	59
Gráfica 6.	Indices de correlación estimados por correlaciones cruzadas entre asma y poder de enfriamiento mínimo en abril-mayo de 1989 cuando los cambios de este último fueron positivos.....	62
Gráfica 7.	Indices de correlación estimados por correlaciones cruzadas entre asma y poder de enfriamiento mínimo en abril-mayo de 1989 cuando los cambios de este último fueron negativos.....	62
Gráfica 8.	Recta de ajuste ($r=-0.51$) para los cambios negativos de la temperatura mínima y las EAAR en enero-febrero de 1988.....	64
Gráfica 9.	Casos de EAAR y temperatura mínima (con un retraso de 2 días) en enero-febrero de 1988.....	65
Gráfica 10.	Rectas de ajuste para los cambios negativos ($r=-0.63$) y positivos ($r=0.74$) del poder de enfriamiento mínimo y asma en octubre-noviembre de 1989.....	66
Gráfica 11.	Casos de asma y poder de enfriamiento mínimo (con un retraso de 2 días) en octubre-noviembre de 1989.....	67

CAPITULO I

INTRODUCCION

La dependencia del hombre a las condiciones atmosféricas no se limita a su requerimiento vital por el oxígeno. Los elementos meteorológicos tales como la radiación solar, la temperatura, la humedad, el viento, la presión atmosférica, etc. también son de importancia fundamental en la salud y bienestar del hombre no sólo en un sentido directo, sino también en los cambios que presentan dichos elementos y que pueden jugar un papel importante en la causa de diversas enfermedades.

La influencia que las condiciones atmosféricas ejercen sobre la vida de nuestro planeta, en general, no es un tema reciente. Los chinos en la era precristiana describían ya la influencia del tiempo atmosférico y clima sobre el comportamiento y bienestar del hombre y en el origen de sus enfermedades (Sulman, 1976). Hipócrates (hacia el 400 A. C.) escribió un tratado sobre la influencia atmosférica en el organismo humano (Flach, 1981). Así, el creciente interés en este campo ha dado origen a disciplinas como la bioclimatología y la biometeorología.

La Organización Meteorológica Mundial (WMO), por su parte, ha establecido que (WMO, 1992):

-Biometeorología: estudia la influencia ejercida sobre los organismos vivos por los *elementos meteorológicos*.

-Bioclimatología: estudia la influencia ejercida sobre los organismos vivos por el *clima*.

Esta misma organización ha determinado que (WMO, 1992):

las variables atmosféricas o fenómenos que caracterizan el estado del tiempo atmosférico en un lugar específico en un tiempo determinado (temperatura del aire, presión atmosférica, viento, humedad, niebla, etc), son *elementos meteorológicos*. De tal manera que la *biometeorología* estudia la influencia del tiempo atmosférico sobre los organismos vivos.

El tiempo atmosférico se distingue del clima porque el primero consiste de variaciones de la atmósfera en períodos cortos de tiempo (de minutos a días), mientras que el segundo representa las condiciones medias de la atmósfera y su marcha acostumbrada, mediante la estadística colectiva de las condiciones del tiempo atmosférico durante un intervalo de tiempo que, usualmente, es de varias décadas (Huschke, 1980). Con esto se establece que al tratar aspectos biometeorológicos, el período de tiempo y los procesos involucrados son distintos a los bioclimatológicos.

Dentro de la biometeorología existen aplicaciones más específicas, entre ellas la *biometeorología humana*, que estudia la influencia del tiempo atmosférico sobre el hombre. Aunque la importancia de la influencia del tiempo atmosférico sobre la salud y bienestar humano ha sido conocida desde tiempos antiguos y se han hecho muchos intentos a través de los años para establecer relaciones claras y definitivas en este campo, no es sino hasta recientemente que la biometeorología humana reúne a la biología (particularmente a la ecología) y a la meteorología, en el estudio del cuerpo humano como un sistema en el cual interactúan el organismo y el ambiente (Sargent y Tromp, 1964).

La biometeorología humana interacciona con otros campos,

entre los más importantes tenemos (Tromp, 1974a):

- a. Biometeorología fisiológica: estudia la influencia del tiempo atmosférico sobre los procesos fisiológicos en el hombre.
- b. Biometeorología social: trata con el uso de elementos meteorológicos favorables para el tratamiento de grandes grupos poblacionales como medida preventiva o curativa.
- c. Biometeorología patológica: estudia la influencia del tiempo atmosférico sobre los diferentes fenómenos patológicos y fisiológicos asociados con las enfermedades del hombre, el periodo de inicio, intensidad y distribución geográfica de esas enfermedades.
- d. Biometeorología arquitectónica: trata con la influencia de los climas en casas y ciudades así como el efecto de las construcciones y emplazamientos urbanos sobre esos climas.
- e. Biometeorología náutica: estudia la influencia del tiempo atmosférico sobre los hombres que viven en barcos.

Por otra parte, si bien el cuerpo humano se caracteriza por una gran variabilidad de respuesta ante estímulos, un tanto de la cual es inherente al organismo y podría ser llamada *variabilidad del sistema* (Wallén, 1974), un problema importante es establecer cuánta de esa variabilidad es el resultado de los cambios del tiempo atmosférico.

Los avances que se han realizado en este campo han sido notorios (e. g. Tromp y Wehie, 1963; Tromp, 1974); sin embargo, cada país, de acuerdo a sus factores climáticos, presenta condiciones del tiempo atmosférico que lo hacen único, por lo que

es necesaria la investigación en este campo para aplicarla a sus condiciones de desarrollo propias.

En México se ha investigado poco la relación entre el tiempo atmosférico y la forma en que éste afecta a nuestro cuerpo y sus funciones. Entre otros aspectos, es claro que sería difícil monitorear sobre un grupo de personas las anomalías que el estímulo atmosférico pudiera provocar sobre sus funciones corporales, ya que además, para tener un control sobre los elementos atmosféricos, éstos necesitarían reproducirse en cámaras especiales. Sin embargo, alguno o varios elementos atmosféricos pueden constituir, bajo circunstancias específicas, agentes que condicionen una determinada patología; o bien pueden ser los mecanismos de transmisión o los elementos que pongan en contacto al agente patógeno con el huésped. Así, dichas afectaciones pueden detectarse cuando, de manera directa o indirecta, las variaciones del tiempo atmosférico provocan que las personas más sensibles a estas, enfermen.

Algunas pruebas derivadas de observaciones epidemiológicas, clínicas y experimentales sugieren que los cambios súbitos del tiempo atmosférico, más que cualquier elemento particular por sí mismo, son las circunstancias que más parecen estar asociadas con exacerbaciones en ciertos estados patológicos (Fuentes, 1990). Puesto que nuestro aparato respiratorio es una vía de contacto con el ambiente atmosférico que nos rodea, y una vía de entrada para los microorganismos que viven en dicho ambiente y que pueden ser patógenos al hombre, entre las diversas enfermedades que se han relacionado con el estímulo atmosférico, las de tipo

respiratorio han ocupado un lugar preponderante en esta relación.

Bajo esta descripción, el objetivo de este trabajo es caracterizar al tiempo atmosférico, mediante índices biometeorológicos, por un período de varios meses en una zona de la Ciudad de México y determinar si sus variaciones en períodos cortos de tiempo, se relacionan con el número de casos de enfermedades agudas del aparato respiratorio (EAAR), que incluyen bronquitis crónica agudizada, bronquiolitis, neumonía, faringoamigdalitis, rinitis y otras; y asma presentados en la consulta de urgencias de un hospital de dicha zona.

1.1 PERCEPCION Y RESPUESTAS FISIOLOGICAS DEL HOMBRE AL ESTIMULO METEOROLOGICO

1.1.1 La percepción térmica en el cuerpo humano.

Prácticamente cada región del cuerpo humano es afectada por los cambios del tiempo atmosférico. Sin embargo, es el hipotálamo -el principal centro regulador de calor en el hombre- una de las principales estructuras a través de la cual los cambios en el tiempo atmosférico afectan al cuerpo.

El registro de cambios en la temperatura ambiente, probablemente en parte, es el resultado de alteraciones menores en el estado físico-químico de la sangre que circula a través de la red de capilares hipotalámicos, aunque la información que recibe el núcleo hipotalámico a partir de los receptores térmicos (termorreceptores) distribuidos en la piel, es la que puede jugar un papel importante en dicho registro.

El concepto de *termorreceptores* fue derivado originalmente

de la fisiología humana sensorial, en particular del descubrimiento de Blix en 1882, en el cual las sensaciones de calor podían ser explicadas a partir de la localización de los *puntos de calor*. A este respecto se puede hablar de la *especificidad sensorial* de los termorreceptores. Como resultado de los modernos métodos neurofisiológicos, los termorreceptores también son definidos en términos biofísicos: puntas de los nervios excitadas sólo o preferentemente por el estímulo térmico; esta es la llamada *especificidad biofísica* (Precht *et al.*, 1973).

En términos neurofisiológicos las propiedades generales de los termorreceptores pueden ser descritas como (Precht *et al.*, 1973):

1. Tienen una descarga estática a temperatura constante (T).
2. Muestran una respuesta dinámica a los cambios de temperatura (dT/dt), con un coeficiente positivo (receptores de calor) o negativo (receptores de frío).
3. No son excitados por estímulo mecánico dentro de ciertos límites de intensidad razonables.

La variedad de termorreceptores cutáneos puede ser dividido, con base en su respuesta dinámica, en las bien definidas clases de termorreceptores de calor y de frío. La distribución de los termorreceptores de frío es considerablemente más densa que la de los de calor, y aún cuando la distribución de ambos varía en las distintas partes del cuerpo, la mayor densidad de ambos se encuentra en la cara (Precht *et al.*, 1973; Flach, 1981).

Los termorreceptores cutáneos juegan un papel importante tanto en el aspecto psicológico como fisiológico ya que:

- a) Están involucrados en las *sensaciones de temperatura*.
- b) Están en conexión con las respuestas termoregulatorias y de comportamiento.

En la figura 1 se muestra el modelo psico-fisiológico propuesto por Auliciems (1981) para la percepción térmica.

La valoración de *sensación* está lejos de ser fácil, y en ausencia de un criterio objetivo, las sensaciones subjetivas que resultan del estímulo térmico han sido adoptadas como medidas válidas de la calidad térmica del ambiente. Así, las sensaciones humanas de temperatura se centran alrededor de dos "cantidades" opuestas: frío y calor, cada una de ellas con distintas intensidades. En una clasificación aproximada, los términos agradable-fresco-frío-gélido por un lado, y agradable-tibio-cálido-bochornoso por el otro son bien conocidos, en ambos lados la escala termina en dolor (Precht *et al.*, 1973; Flach, 1981).

En la tabla 1 se muestran las respuestas fisiológicas que tradicionalmente se han asociado al estímulo y sensación térmica. En ésta se caracteriza un ambiente térmico que provoca una sensación térmica; es claro que dicho ambiente es el resultado de la combinación de los distintos elementos meteorológicos en un tiempo determinado, es decir, del tiempo atmosférico. Así, se ha reconocido que la sensación térmica es el resultado de la combinación de, principalmente: la temperatura del aire, la humedad, la rapidez del viento y la radiación (Landsberg, 1972; Givoni, 1974); y un método que nos permite la estimación de los efectos combinados de los elementos meteorológicos sobre el cuerpo humano es un *índice biometeorológico* (Givoni, 1974).

La misma tabla 1 muestra las respuestas termoregulatorias asociadas a las sensaciones térmicas, esto es, una premisa básica para caracterizar dicha sensación es que, en la especie humana las

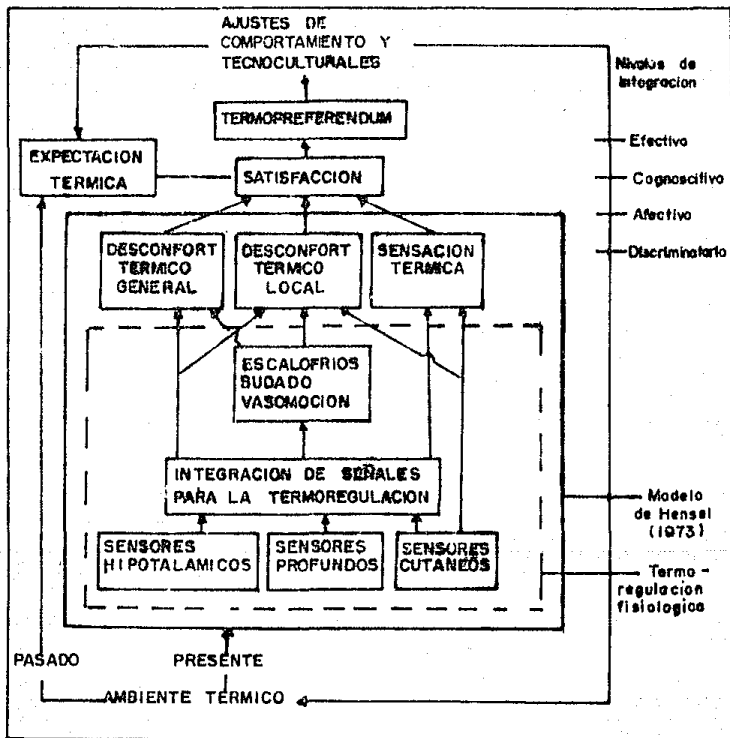


Figura 1. Modelo psico-fisiológico hipotético de percepción térmica (Tomado de Auliciems, 1981).

respuestas fisiológicas a los elementos meteorológicos son esencialmente las mismas (Pagney y Basancenot, 1982).

Así, el uso de índices biometeorológicos nos permite entender cómo reacciona el cuerpo humano a los cambios del tiempo atmosférico que tratan de desordenar el balance físico y químico, relativamente constante según el principio de homeostasis, en que se encuentra el cuerpo humano (Pagney y Basancenot, 1982).

1.1.2 Respuestas fisiológicas del hombre al estímulo meteorológico.

La variedad de elementos meteorológicos pueden causar en el hombre los llamados *efectos meteorotrópicos*, esto es, la activación de los mecanismos fisiológicos como respuesta a la estimulación por dichos elementos.

Tabla 1. Relaciones asumidas entre el ambiente térmico-sensación térmica y la respuesta termoregulatoria (tomada de Auliciems, 1981)

AMBIENTE TERMICO	SENSACION TERMICA	RESPUESTA TERMOREGULATORIA
-Más cálido que neutro	-Tibio-cálido	-Sudado
-Casi neutro	-Ligeramente cálido	-Vasodilatación
-Neutro	-Agradable	-Mínima
-Casi neutro	-Fresco ligero	-Vasoconstricción
-Más frío que neutro	-Fresco-frío	-Termogénesis

El estímulo meteorológico afecta al cuerpo humano a través de (Tromp, 1974b):

1. piel
2. aparato respiratorio
3. ojos
4. estimulación directa al sistema nervioso

Algunos ejemplos sobre la forma de afectación en estos canales son:

1. piel

- Los efectos de la radiación son balanceados a través de la vasoconstricción, vasodilatación o sudado.

- Las exposiciones prolongadas a la radiación ultravioleta fomentan el cáncer cutáneo (Tromp, 1974b).

2. aparato respiratorio

- La severidad del estrechamiento de vías aéreas que sigue al ejercicio es función de la cantidad absoluta del aire respirado por minuto y de la temperatura y agua contenidos en el aire inspirado (McFadden, 1991).

- La respiración natural de aire seco por 3 horas causa (a) un casi completo cese del flujo del moco traqueal; (b) inflamación de la submucosa (Lee y Forrest, 1991).

- Para las respuestas bronquiales se han utilizado generalmente 2 clases de estímulos con propósitos clínicos y epidemiológicos: (i) agentes físicos tales como estímulos térmicos y aerosoles no isotónicos; y (ii) aerosoles farmacológicos e inmunológicos (McFadden, 1991).

3. ojos

- La sobreestimulación directa de los ojos por la radiación solar

directa (especialmente en primavera y otoño) causa conjuntivitis aguda.

- El estrés por frío combinado con turbulencia atmosférica puede desencadenar glaucoma aguda.

- El cambio de acidez de las membranas oculares por estrés térmico, viento o aerosoles, puede desencadenar conjuntivitis (Tromp, 1974b).

4. estimulación directa al sistema nervioso

- Los cambios en los campos electrostático y electromagnético afectan los nervios (Tromp, 1974b)

- En aspectos de confort humano, son importantes la intensidad del campo eléctrico, la corriente aire-tierra, la conductividad del aire, la concentración de aerosoles y de núcleos radiactivos (Fanger y Jonassen, 1974)

En tanto, los estímulos externos debidos a los distintos elementos meteorológicos pueden ser: estímulos térmicos, efectos de humedad, movimiento del aire, varias formas de radiación solar (particularmente ultravioleta), fotoperíodo, reducción o incremento parcial de la presión de oxígeno, estimulación físico-química por elementos traza y contaminantes en el aire, cambios en la acidez del vapor en el aire, ionización del aire, campos electrostático y electromagnético, ondas de sonido, efectos microsísmicos, estímulo olfatorio (olor), campos de gravedad, campos magnéticos, efectos de la irradiación corpuscular solar y rayos cósmicos. Los últimos tres estímulos son de particular importancia en el espacio exterior.

Sin embargo, existen seis factores importantes que pueden cambiar el resultado de un estímulo meteorológico (tromp, 1974b):

1. La *historia previa* del sujeto. En 1931 Wilder introdujo el principio fisiológico conocido como *ley del valor inicial*. Este principio establece que el resultado de un estímulo depende de la historia previa; relacionado al fenómeno de "adaptación" durante la excitación eléctrica de los nervios, explica cómo un cierto efecto biometeorológico causado por un frente frío o el influjo de masas de aire frío, puede ser diferente si el frente frío es precedido por un frente cálido o si un número de frentes fríos pasa por un área a intervalos cortos de tiempo.
2. La fase del *ritmo biológico* durante el tiempo en que el estímulo afecta los órganos. Por ejemplo, diversos estudios sugieren que durante la noche domina la estimulación parasimpática, por consiguiente el estrés debido al tiempo atmosférico puede tener un resultado totalmente diferente, dependiendo de la hora del día en que ocurre un cierto fenómeno meteorológico.
3. *Aclimatización*. Varios fisiólogos han apuntado que la aclimatización al estrés meteorológico (especialmente el térmico) probablemente no es un reflejo, sino el resultado de lentos ajustes fisiológicos. La exposición previa al estrés térmico facilita la adaptación en un período posterior. El intervalo de tiempo difiere con los individuos y depende del grado del estrés térmico y otros factores, usualmente es cuestión de semanas. Esto explica por qué puede producirse una mayor razón de sudoración en verano que en invierno y por qué un influjo de aire polar frío después de una adaptación al

calor tendrá un efecto mayor que después de un periodo frío previo. La reiteración de los estímulos, tal como se experimenta durante la aclimatización, puede ser acompañada por cambios graduales en las respuestas a dichos estímulos, un proceso definido como *habituación*.

4. La *tipología meteorotrópica*, esto es, las diferencias en los patrones psicológicos y fisiológicos. Varios estudios sugieren que los efectos de y la adaptación al ambiente meteorológico son influenciados por la construcción corporal y el patrón psicológico de la persona involucrada. Por ejemplo, en hombres sanos con funciones pulmonares promedio, se han observado diferencias en el consumo de oxígeno relacionadas a diferencias en el patrón de personalidad y construcción corporal. Un estudio sobre la incidencia de ciertas enfermedades, e. g. úlcera péptica y enfermedades en la vesícula biliar en personas con ciertos tipos somáticos, apoyan la suposición de que los procesos adaptacionales pueden ser afectados seriamente por el patrón psicológico y fisiológico de la persona involucrada.

5. 6. *Edad y sexo* de la persona. En los niños y las personas mayores usualmente el mecanismo termoregulatorio no trabaja tan eficientemente como en los adultos sanos, por consiguiente, el resultado del estrés térmico será diferente en estos grupos. El poder aeróbico, i. e. la cantidad máxima de oxígeno que puede ser absorbida por los pulmones y que determina la capacidad máxima de trabajo, es menor en la mujer que en el hombre. La transpiración en la mujer usualmente

empieza a una temperatura en la piel mayor que en la del hombre. Un poco antes y durante la menstruación, la eficiencia termoreguladora en las mujeres disminuye considerablemente.

Bajo la consideración de los factores anteriores, es comprensible que las respuestas sensoriales al estímulo térmico difieran de las respuestas fisiológicas al estrés térmico, el cual puede ser medido objetivamente por medios físicos como el katatermómetro, el frigorímetro, etc. (Flach, 1981).

1.1.3 Importancia del problema en estudio.

Como se ha mencionado en las 2 secciones anteriores, es innegable que el cuerpo humano presenta distintas reacciones al tiempo atmosférico presente así como a sus cambios en períodos cortos de tiempo. Aún cuando el problema puede enfocarse desde un punto de vista meramente biológico, es indudable que el aspecto físico no puede pasar desapercibido y, en el caso contrario, desde un enfoque físico no se puede ignorar el aspecto biológico. Así, el presente estudio pretende ser un enlace entre estos dos enfoques al considerar, por una parte, los aspectos físicos del tiempo atmosférico mediante la combinación de algunos de sus elementos y, por la otra, el aspecto biológico del cuerpo humano mediante la presencia de enfermedad de tipo respiratorio.

Respecto al párrafo anterior, por lo regular sólo se ha utilizado un elemento meteorológico para buscar la relación entre el tiempo atmosférico y las respuestas del organismo. Sin embargo,

cada elemento meteorológico es influenciado por los demás elementos y él, a su vez, tiene influencia sobre el comportamiento de ellos, estableciéndose así retroalimentaciones complejas entre ellos. Aún cuando lo ideal sería contar con un solo parámetro que midiera la combinación de esos elementos, esto es un tanto difícil; así, en primera instancia, los índices que se usan en este trabajo son la combinación de sólo 2 o 3 elementos meteorológicos (excepto la temperatura que se considera sola) para determinar cuál de esas combinaciones presenta la mejor relación con la presencia de enfermedades de tipo respiratorio y, en estudios posteriores, recurrir a ella para proponer un modelo de comportamiento entre estas variables.

Finalmente, aún cuando lejano todavía, usar esa relación en aspectos preventivos de la salud.

ANTECEDENTES

2.1 LA RELACION ENTRE EL TIEMPO ATMOSFERICO Y LAS ENFERMEDADES RESPIRATORIAS.

El hombre no está separado del ambiente atmosférico sólo por la piel y el vestido, sino también por una delgada capa de aire (capa límite) la cual no está en reposo, sino que está en un constante movimiento hacia arriba. Desde luego, las características de dicha capa dependen en gran parte del tiempo atmosférico.

El movimiento convectivo de dicha capa, de 1-2 cm de espesor, es modificado en gran parte por el contorno del cuello, mandíbula y cara en la parte superior del cuerpo. La figura 2 muestra las rutas naturales de convección sobre la cabeza; entre éstas, una de ellas pasa sobre el mentón y los labios y llega a ser parte del aire que es inhalado, *i. e.* es inspirado con el aire del ambiente. Como transportadora de microorganismos, dicha

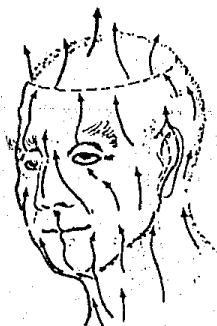


Figura 2. Rutas convectivas naturales de la capa límite sobre la cabeza (Tomada de Lewis *et al.*, 1969).

capa juega un papel importante, pues se ha mostrado que llega a contener de 30 a 400% más microorganismos que el aire ambiente. Esas partículas entran en la corriente provenientes de la piel y/o el aire ambiente (Lewis *et al.*, 1969).

Así, una vía de contacto con el ambiente atmosférico y de entrada para los microorganismos, son las vías respiratorias superiores; además, la fisiología demuestra que las vías respiratorias inferiores guardan una íntima relación con las vías respiratorias superiores, es decir, existe influencia de la patología de las vías respiratorias superiores sobre las enfermedades de las vías respiratorias inferiores.

Como ya se mencionó, las enfermedades respiratorias ocupan un lugar preponderante en la relación con el tiempo atmosférico. Usando la razón:

$$\frac{\text{Número medio de muertes diarias}}{\text{Número medio de muertes para el periodo total}} \quad (1)$$

Goldsmith y Perkins (1963) muestran la estacionalidad de esta razón para dos localidades (figura 3)

Siguiendo un criterio más o menos similar, Villa Sánchez *et al.* (1988) proponen el cociente:

$$\frac{X_M - X_m}{X} \quad (2)$$

donde:

X_M : media del mes de mortalidad más alta

X_m : media del mes de mortalidad más baja

X : media anual

Según Sánchez *et al.* (1988), un breve análisis del cociente muestra que si el tiempo (meteorológico estacional) no influyese, el valor del cociente sería cero, mientras que cuanto más alto sea, mayor será el tropismo. El índice de meteorotropismo

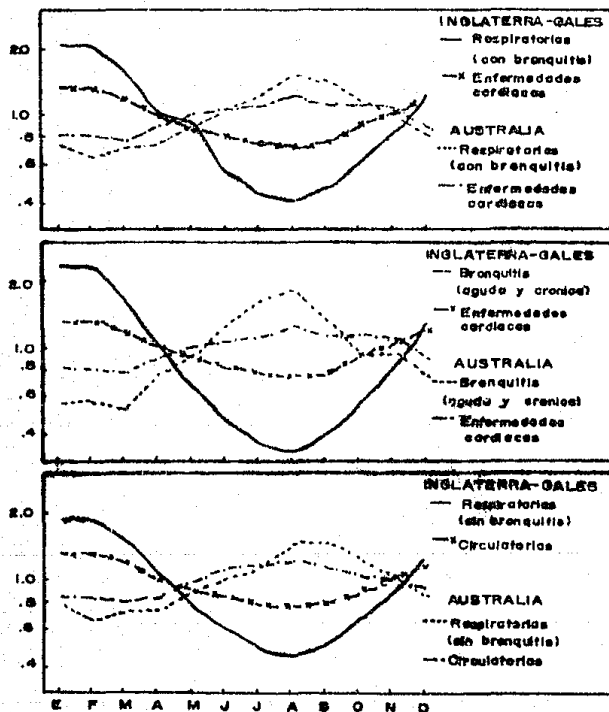


Figura 3. Variaciones estacionales de mortalidad respiratoria, enfermedades cardiacas y circulatorias en Inglaterra-Gales y Australia de 1931-1933 (tomada de Goldsmith y Perkins, 1963).

arrojó los siguientes resultados:

Respiratorio	1.37
Isquemias	0.78
Infartos	0.75
Cardiovasculares (sin infartos)	0.59
Genitourinarias	0.56
Digestivas	0.32
Cáncer	0.18

2.2 ALGUNOS ASPECTOS DEL ASMA.

Desde 1959, a raíz de un simposium, se aceptó casi mundialmente la existencia de la enfermedad pulmonar crónica obstructiva que comprende tres entidades patológicas: la bronquitis crónica, el asma bronquial y el enfisema pulmonar. Estas tres entidades, si bien presentan algunos puntos de contacto, muestran claras e infranqueables diferencias (Cosio *et al.*, 1979).

El término *asthma* aparece desde la época más remota en la literatura médica, sin tener exactamente el significado que le damos hoy en día. La palabra deriva del griego y traduce un estado *jadeante* o *anhelante*. Celso (Grecia A. C.) consideró tres variedades en las dificultades de la respiración: la disnea, el asma y la ortopnea. Entonces, el asma fue considerada más bien como un síntoma que como una enfermedad (Cosio *et al.*, 1979).

A principios del siglo XVII, Helmont (Cosio *et al.*, 1979) desarrolla la primera hipótesis sobre la patogenia del asma, invocando la intervención de varios espíritus en las alteraciones de los bronquios. A finales del mismo siglo, Thomas Willis (Cosio

et al., 1979) afirma que el asma es una enfermedad y que puede tener dos formas distintas: la neumónica, que se debería a la obstrucción de los bronquios por pesadas secreciones; y el asma convulsiva, que se debería a la contracción de las fibras musculares de los bronquios, del diafragma y de otros músculos del tórax.

A mediados del siglo XVIII se multiplican las formas del asma, imperando en realidad una gran anarquía en los conceptos como: el asma húmeda, el asma seca, el asma abdominal, el asma nerviosa, etc. Años más tarde, muchos autores se distinguieron por sus esfuerzos para ordenar y sistematizar los conceptos sobre el asma.

Reisseisen en 1822 (*Cosio et al.*, 1979), después de estudiar las fibras musculares de los bronquios, lanzó la teoría del broncoespasmo. En 1842, Longet (*Cosio et al.*, 1979) demuestra la importancia del factor nervioso cuando produce la contracción de los bronquios al excitar el extremo distal del vago.

A principios de este siglo se comienzan a usar las pruebas cutáneas con sustancias proteínicas por Noen en Inglaterra, y por Cooke y Walker en Estados Unidos; con estos trabajos se inicia la época actual de la historia del asma en la que imperan los trabajos de los alergistas (*Cosio et al.*, 1979).

Aún cuando no se cuenta con una definición formal del asma, los expertos están de acuerdo en que se caracteriza por una hiperreactividad de las vías aéreas, condición manifestada por una respuesta broncoconstrictiva exagerada a muchos factores físicos y a diversos agentes químicos y farmacológicos (Torres, 1991).

Las causas de las crisis asmáticas son numerosas y de acción compleja, sin embargo, y de manera simplificada, se consideran tres tipos principales de causas (Robbins, 1975; Cosío *et al.*, 1979):

1. CAUSAS INTRINSECAS. Son las concernientes al sujeto y que condicionan la disposición patológica. Comprenden: raza, sexo, edad, condición social, herencia, sistema nervioso vegetativo, glándulas endocrinas, elementos neuropsíquicos y factores bioquímicos y metabólicos.

2. CAUSAS EXTRINSECAS. Son aquellas que obran como condiciones ambientales, ajenas al sujeto mismo, de explicación difícil y, sin embargo, indudables en muchos casos:

a) Clima. Este se encuentra determinado por factores muy diversos que hay que tomar en consideración: latitud, altitud, vientos dominantes, precipitación, etc. Además, en relación con el clima habría que tomar en cuenta la flora y la fauna propia de cada región.

b) Temperatura. La influencia de los cambios de temperatura está en íntima relación con el tiempo atmosférico. Los enfriamientos son el pretexto para que se desencadene el asma bacteriana.

A este respecto, la mayoría de la gente se ajusta a un amplio intervalo de variación de la temperatura; pero aquellos que no se ajustan, pueden sufrir los efectos del calor o frío. En caso de respuestas anómalas al calor o frío, debidas a su similitud con las reacciones alérgicas conocidas, han sido llamadas "alergias físicas". Ningún mecanismo inmunológico básico está implicado, y el adjetivo "físicas" separa este tipo de reacción de las causadas por

la sensibilidad a determinadas sustancias específicas. Las manifestaciones de este tipo de alergia puede tomar la forma, además del asma, de urticaria, rinitis, edema angioneurótico o reacciones sistemáticas generalizadas (Selle, 1952).

c) Ocupación. Existen ocupaciones que obligan a inhalar sustancias irritantes para las vías respiratorias y actúan como inespecíficos: vapores, humos, polvos, filamentos vegetales, etc., y que influyen en casos de asma. Lo mismo podemos decir de las ocupaciones que exigen cambios bruscos de temperatura. Finalmente, la ocupación puede influir en forma verdaderamente específica a través de diversos alérgenos.

3. CAUSAS ESPECIFICAS. Entre éstas se consideran: los alérgenos como causas específicas; algunas infecciones como causa del asma bacteriana; y las espinas irritativas como causas del asma refleja.

Desde el punto de vista clínico se consideran dos formas de asma: la aguda o paroxística, caracterizada porque los enfermos, fuera de los accesos, se encuentran como normales o prácticamente normales; y la crónica, donde los enfermos fuera de la crisis paroxística presentan síntomas y más o menos atenuados.

2.3 ESTUDIOS SOBRE EL ASMA COMO ENFERMEDAD METEOROTROPICA.

El asma es una enfermedad altamente heterogénea, no obstante, ocupa un lugar importante entre las afecciones que son asociadas a los parámetros ambientales.

El efecto del tiempo atmosférico en muchos asmáticos es indudable, pues basta con que cambien de lugar para que desaparezcan los fenómenos patológicos, sin medicina alguna, y

basta que regresen al mismo lugar para que vuelvan a enfermarse, a pesar de todos los intentos terapéuticos.

Así, en las últimas décadas se han desarrollado investigaciones en este campo con el fin de determinar la acción directa o indirecta de los elementos atmosféricos en el desarrollo del asma. Por ejemplo, en el trabajo de Greenburg *et al.* (1963), los períodos de altas visitas de asmáticos al hospital se relacionó con un período frío previo (figura 4), medido por la cantidad de calor requerido en un apartamento de acuerdo al Código de Salud de la Ciudad de Nueva York.

Los trabajos de Derrick (1965, 1966) en Australia, muestran los siguientes resultados:

- Varios autores han considerado que el asma se presenta con mayor incidencia en áreas húmedas que en secas.
- Las variaciones en la incidencia del asma puede seguir los cambios en el tiempo atmosférico a intervalos que varían de horas a meses.
- A nivel mensual, el asma se correlacionó con la temperatura de 1 o 2 meses anteriores (figura 5).
- Los resultados de la temperatura de punto de rocío fueron similares a los de la temperatura ambiente.
- A nivel semanal, la mayor incidencia de asma correspondió a temperaturas de 20.5°C y 15.5°C ambiente y de punto de rocío respectivamente. El asma disminuyó notablemente cuando las temperaturas ascendieron sobre esos niveles.

Tromp (1968) establece que:

- La frecuencia de ataques asmáticos se incrementa rápidamente con

el influjo de masas de aire frío y disminuye con el influjo de aire cálido.

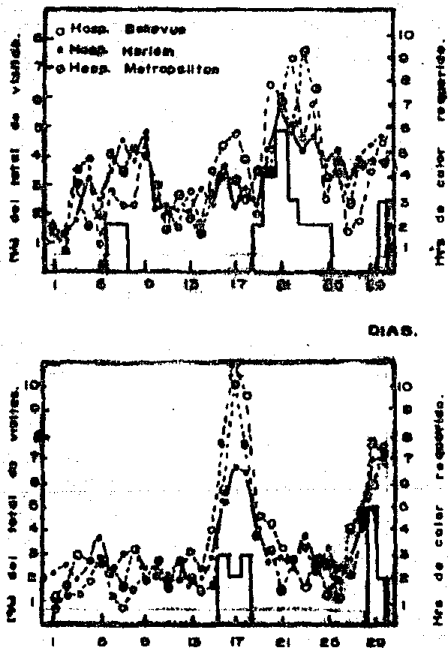


Figura 4. Porcentaje de visitas clínicas diarias por asmáticos en los hospitales Bellevue, Harlem y Metropolitan en la Ciudad de Nueva York en septiembre de 1961 (arriba) y de 1962 (abajo) (tomada de Greenburg *et al.*, 1963).

- El influjo de aire frío tiene menos efectos sobre los ataques asmáticos en invierno que en otoño.
- Los cambios súbitos de temperatura y presión causan más ataques asmáticos que una disminución lenta.
- La rapidez del viento y la temperatura afectan la razón de enfriamiento atmosférico y causan fluctuaciones en los ataques asmáticos.

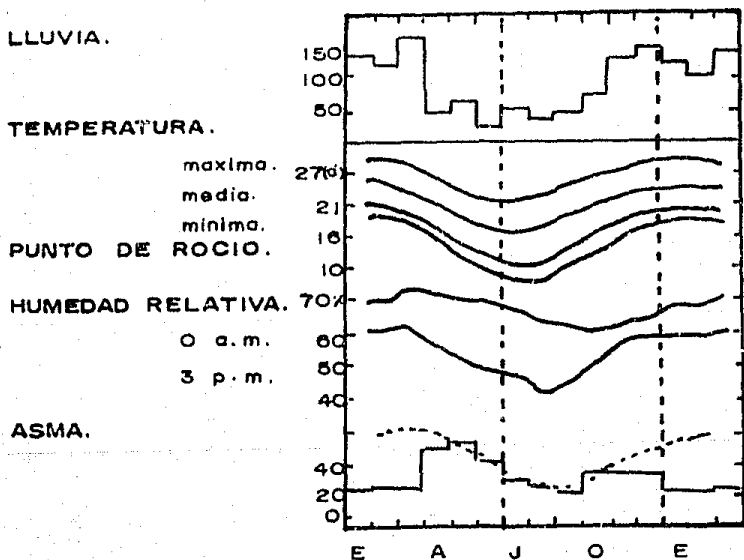


Figura 5. Incidencia mensual de asma en relación a los elementos del tiempo atmosférico (promedio de seis años) en Australia. La temperatura media, con un retraso de 1.5 meses, ha sido sobrepuesta al histograma del asma para mostrar la correspondencia entre ellas de mayo a octubre (tomada de Derrick, 1965).

En el estudio realizado por Ribon *et al.* (1972) en Nueva York sobre la ocurrencia de asma en niños y su relación al tiempo atmosférico y la contaminación del aire, se encontró que:

- 1.º septiembre a noviembre aumentó el número de asmáticos, aproximadamente de 3 a 4%.
- No se encontró evidencia de que exista relación entre el nivel del SO₂ (o su cambio diario) y el número promedio de visitas de asmáticos a los hospitales de referencia.
- Para la temperatura y humedad relativa, en conjunto, tampoco se encontró evidencia de relación.
- En los análisis realizados hubo *tendencia* de relación entre los casos de asma registrados y el *cambio* de temperatura. Por ejemplo, en el 55% de los días en los que hubo un incremento de temperatura respecto al día previo, el número de visitas de asmáticos a los hospitales (relativo al día anterior) también aumentó. En tanto, en el 39% de los días en que disminuyó la temperatura, el número de visitas de asmáticos a los hospitales, aumentó también.

Por su parte, Goldstein y Rausch (1978) obtienen los siguientes resultados de su estudio en Nueva York:

- El asma muestra una *significante* tendencia estacional en el otoño.
- Existen días de altas visitas a los 3 hospitales tomados como referencia. Esto sugiere algún factor ambiental común a la ciudad que actúa como agente precipitador.

Susuki *et al.* (1988) aplican un proceso puntual, esto es, un registro continuo sobre pacientes asmáticos en 3 ciudades en Japón; y sus resultados muestran que las bajas temperaturas y su

disminución durante el verano y el otoño, se encuentran significativamente relacionadas a la presencia o ausencia del síntoma asmático. Además, el síntoma asmático que ocurre naturalmente parece ser diferente al evocado experimentalmente; al menos en que el primero dura más. Entonces, se puede suponer que la baja temperatura o la disminución de ésta no actúa sólo directamente, sino también indirectamente en los conductos respiratorios.

Como se observa en los ejemplos que se han descrito, el interés por determinar la relación entre el tiempo atmosférico y el asma es significativo. De hecho, se han tratado de establecer índices que enmarquen esa relación. Por ejemplo, Landsberg (1972) menciona el "índice biometeorológico para pacientes asmáticos" establecido por Rivolier, y que tiene la forma:

$$IBA = K1 + \Delta t + v + k2 + k3 - 2I \quad (3)$$

- $K1$ es un término que combina la humedad y lluvia; representa las horas de humedad relativa >50% y la lluvia (mm).
- Δt es el número de grados hora <12 o >25 grados centígrados.
- v es la rapidez del viento.
- I son las horas de insolación (soleamiento).
- $K2$ y $K3$ son términos locales.

En México, un trabajo notable, dados los medios para desarrollarlo, fue el realizado por el Dr. Domingo Orvañanos (1889) hacia finales del siglo pasado. En su ensayo, el Dr. Orvañanos hace una descripción de diversas enfermedades de tipo respiratorio y concluye que pueden estar relacionadas con las oscilaciones diurnas

de la temperatura, las cuales pueden predisponer a la invasión por microorganismos.

Un estudio reciente sobre este tema, es el desarrollado por Galindo *et al.* (1988). En este estudio el elemento atmosférico considerado fue la temperatura; la relación entre ésta y el número de ingresos asmáticos al servicio hospitalario es inversa, es decir, a cada caída de temperatura respecto a su media aritmética hubo un aumento en el número de ingresos de asmáticos, aunque diferido de 2 a 3 días (figura 6).

Una recomendación en el trabajo de Galindo *et al.* (1988) ha sido que antes de continuar con estudios en los que se consideren los efectos de los contaminantes atmosféricos en relación con la incidencia del asma, se deben continuar los estudios biometeorológicos para obtener una mejor relación asma-estado del tiempo.

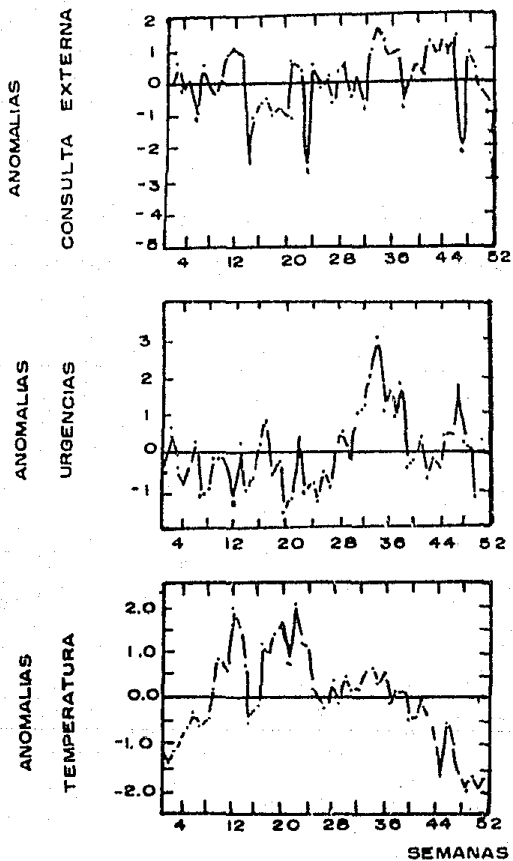


Figura 6. Anomalías de la temperatura ambiental (normalizada en las gráficas) observadas en Ciudad Universitaria, de la consulta externa y de urgencias del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias en 1985 (Tomadas de Galindo *et al.*, 1988).

METODO

3.1 ZONA DE ESTUDIO.

Aunque la atmósfera se extiende a grandes alturas, sus capas bajas influyen en gran parte del ambiente de las plantas y animales que viven en ellas.

Los controles permanentes de latitud, orografía y distribución de tierras y agua, así como las semipermanentes celdas anticiclónicas del Atlántico y del Pacífico, la Zona Intertropical de Convergencia y el cinturón de altas presiones, han provocado que los fenómenos atmosféricos adquieran ciertas características peculiares en la República Mexicana.

La República Mexicana se extiende de los 14°20' a los 32°42' de latitud norte. Es una larga banda de tierra cruzada por grandes montañas con extensas altiplanicies entre ellas, resultando en una altitud promedio cercana a los 1800 msnm en la parte central del país. La gran altitud de la altiplanicie determina que la atmósfera por abajo de la altitud promedio de esa altiplanicie, encuentre bajo el control de la orografía a través del embalse, deflección, bloqueo, ascenso forzado y calentamiento adiabático de las corrientes de aire bajas, mientras que la parte superior sufre los "caprichos" de la circulación del aire superior (Mosíño y García, 1973).

La Ciudad de México se localiza a los 19°30' de latitud norte, 99°08' de longitud oeste y a una altitud de 2200 msnm, esto es, hacia el sur de la altiplanicie mexicana. Así, aún cuando por

su latitud la Ciudad de México se localiza dentro de la zona de clima tropical, su altitud la coloca en la del tipo de ciudad con clima tropical de altura, en donde el bioclima es atemperado por la altitud (Jáuregui, 1990).

El flujo aéreo del oeste y del este, al igual que en el resto del país, hacen perfectamente distinguibles dos épocas: la de secas, de noviembre a abril; y la de lluvias, de mayo a octubre. Durante la época de secas prevalece una circulación anticlónica, la corriente de vientos se origina en el oeste o suroeste, debiéndose su presencia en esta zona más a la altitud que a la latitud. Así, mientras los vientos en altura son del oeste, al nivel del suelo las masas de aire provienen del norte.

El descenso del aire asociado a la circulación anticlónica frecuentemente origina cielos despejados e inversiones térmicas superficiales o de altura, además de períodos de vientos en calma en los niveles inferiores, especialmente en las mañanas y en las noches. Las vaguadas superiores que viajan en el seno de la corriente de vientos del oeste, traen a la elevada superficie cambios en la presión y dirección del viento. Al intensificarse los vientos originan la formación de tolvánicas, principalmente en la región del Lago de Texcoco; dichas tolvánicas son más frecuentes entre febrero y abril y pueden originarse también en nubes de corrientes convectivas al centro de la cuenca, después del medio día (Jáuregui, 1989).

El paso de tormentas invernales, unidas a masas de aire frío, origina un descenso en la temperatura, aumento en la nubosidad y ocasionalmente lluvias ligeras.

A partir de abril la circulación del viento empieza a cambiar. Conforme el cinturón de alta presión del hemisferio norte se desplaza hacia el norte, los alisios profundos prevalecen sobre México, fluyendo a lo largo del margen sur del anticiclón de las Bermudas. Como resultado del calentamiento del continente, prevalecen los movimientos ascendentes.

Se sabe que perturbaciones de onda, llamadas *ondas del este*, viajan en la corriente de los alisios, observándose un ligero salto en la presión en el avance de una oleada de humedad asociada con el inicio de cada serie de días lluviosos.

Durante la época de lluvias, el desplazamiento de la Zona Intertrópica de Convergencia del Pacífico Oriental, determina, en cierta medida, las variaciones que durante las estaciones se observan en la precipitación registrada en la Ciudad de México (Mosíño y García, 1973; Jáuregui, 1975).

Según el sistema de clasificación de Köppen, el clima de gran parte de la Ciudad de México es templado subhúmedo (Cw), sin embargo, el decrecimiento de las lluvias hacia el centro del valle provoca que los suburbios del este de la ciudad adquieran características de clima semiárido seco (BS). Por su parte, Hernández *et al.* (1986) definen el clima de la ciudad como templado, subhúmedo, oscilación extremosa de temperatura, lluvioso y soleado (aunque con smog); y describen 4 temporadas para la ciudad:

-Calurosa: marzo-abril-mayo. Oscilación térmica extremosa.

Día: soleado, caluroso y seco.

Noche: cielo despejado, ambiente tibio y seco.

-Fría : noviembre-diciembre-enero. Oscilación térmica extrema.
Día: soleado o seminublado, ambiente fresco y seco.
Noche: cielo despejado o seminublado, ambiente frío y seco.

Las invasiones de masas polares son frecuentes.

-Templada: febrero y octubre (transición de temporadas).

Oscilación térmica semiextrema.

Día: soleado o seminublado, ambiente semicaluroso o tibio y seco o subhúmedo.

Noche: cielo despejado o medio nublado, ambiente semifrío o subhúmedo.

-Húmeda: junio-julio-agosto-septiembre (época de lluvias).

Oscilación térmica atenuada.

Día: mañanas despejadas y tardes nubladas y lluviosas; ambiente tibio o semifrío y húmedo (salvo periodo de canícula).

Noche: cielo medio nublado o nublado, lluvias ocasionales; ambiente tibio o semifrío y húmedo.

Las características topográficas, las condiciones del suelo, las variaciones térmicas y el grado de ventilación y contaminación del aire dan por resultado una subdivisión de la Ciudad de México en cinco zonas climáticas (figura 7), cuyas características se describen en la tabla 3 (Jáuregui, 1975).

La zona sur es una región bien ventilada, más húmeda y con mayor frecuencia de nublados en la estación lluviosa. La precipitación es más abundante y las tempestades eléctricas

Tabla 2. Principales características de las zonas climáticas de la Ciudad de México (tomada de Jáuregui, 1975).

	CENTRO	TRANSICION	ORIENTE	SUR	PONIENTE
Oscilación térmica diurna	Menor	Regular	Alta	Moderada	Moderada
Humedad ambiente	Baja	Menos seco	Seco	Alta	Moderada
Frecuencia de lluvias	Alta	Alta	Baja	Alta	Alta
Frecuencia de tolvaneras	Moderada	Moderada	Alta	Baja	Baja
Frecuencia de heladas	Nula	Baja	Alta	Moderada	Moderada
Frecuencia de nublados	Moderada	Moderada	Baja	Alta	Alta
Frecuencia de tormentas eléctricas	Moderada	Moderada	Alta	Alta	Alta

3.2 REGISTROS METEOROLOGICOS Y DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS.

Los datos de enfermedades agudas del aparato respiratorio (EAAR) y asma obtenidos, corresponden al registro de consulta de urgencias del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias de la Secretaría de Salud en la Delegación Tlalpan del Distrito Federal. Por su parte, los datos meteorológicos fueron proporcionados por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) a través del Departamento de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, y corresponden a los registrados en las estaciones Pedregal (T), Cerro de la Estrella (Q), Merced (X), Xalostoc (L) y Tlanepantla (F) de la Red de Monitoreo Ambiental del Valle de México (figura 8).

Ambas series de datos corresponden al período de enero de 1988 a diciembre de 1990 (3 años), donde el número de pacientes diagnosticados con EAAR o asma es registrado por día, mientras que

los datos meteorológicos son horarios.

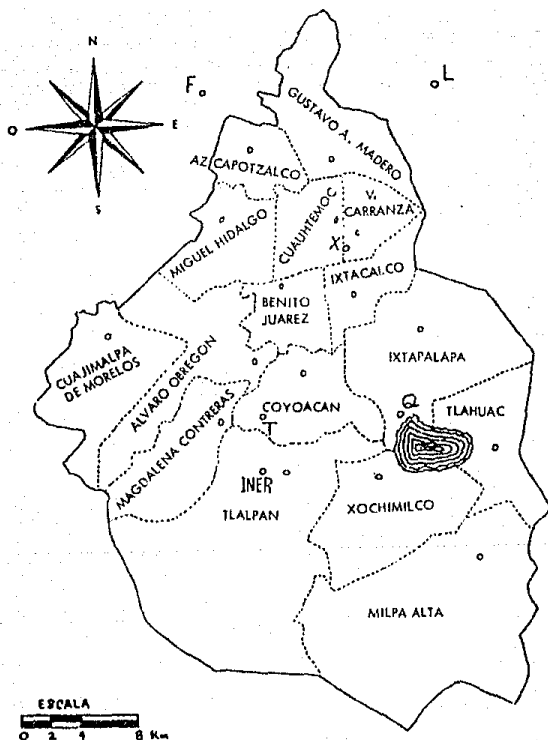


Figura 8. Localización de las estaciones Pedregal (T), Cerro de la Estrella (Q), Merced (X), Xalostoc (L) y Tlanepantla (F) de la Red de Monitorco Ambiental del Valle de México.

3.3 INDICES BIOMETEOROLOGICOS.

Como se estableció anteriormente, la sensación térmica depende, principalmente, de la combinación de la temperatura, la humedad, la rapidez del viento y la radiación; y un índice biometeorológico nos permite la estimación de los efectos combinados de los elementos meteorológicos sobre el cuerpo humano.

En este estudio se usan los siguientes índices biometeorológicos:

a) Termopreferendum

La temperatura preferente o termopreferendum (TP) de las personas aclimatadas al sitio del cual se desean calcular los intervalos de sensación, tiene la siguiente expresión (Szokolay, 1980):

Si $T_{MA} > 11^{\circ}\text{C}$

$$T_{CC} = 0.31T_{MA} + 17.6 \quad (4)$$

donde:

T_{MA} : Temperatura media anual ($^{\circ}\text{C}$)

T_{CC} : Temperatura central de la zona de confort ($^{\circ}\text{C}$)

Si $T_{MA} < 11^{\circ}\text{C}$

$$T_{CC} = 20^{\circ}\text{C} \quad (5)$$

La amplitud de la zona de confort depende de la oscilación media anual, esto es, de la diferencia entre el valor del mes que presenta el mayor promedio de temperatura máxima y el del mes del menor promedio de temperatura mínima (Tudela, 1982); además, la T_{CC} es válida en condiciones de humedad relativa del 50% (Szokolay, 1980).

Considerando los datos del Observatorio Meteorológico de

Tacubaya registrados en las Normales Climatológicas (SAG, 1976), tenemos:

$$T_{MA} = 15.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Osc. media anual} = 21.3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Entonces:

$$T_{CC} = 21.1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Amplitud de la zona de confort} = 4.0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Los intervalos de sensación pueden considerarse (Tejeda, 1990):

$TP > 31.1$	Tórrido (To)
$27.1 \leq TP \leq 31.1$	Muy Cálido (MC)
$23.1 \leq TP < 27.1$	Cálido (C)
$19.1 \leq TP < 23.1$	Templado (Te)
$15.1 \leq TP < 19.1$	Subtemplado (STe)
$11.1 \leq TP < 15.1$	Frío (Fr)
$TP < 11.1$	Muy Frío (MFr)

Es importante señalar que Tejeda (1990) propone los términos *templado* y *subtemplado* para diferenciarlos de los términos *agradable* y *fresco* que él utiliza en su trabajo de índice de confort.

b) Índice de Confort

De la misma manera en que se calculó la temperatura preferente, Tejeda (1990) propone ampliar la expresión 4 para calcular el Índice de Confort (IC) preferente, es decir:

$$IC_p = 0.31 * IC_{\text{medio mensual}} + 17.6 \quad (6)$$

donde:

$$IC = (T + Tw) / 2$$

(7)

es un índice propuesto por Tennenbaum *et al.* (Landsberg, 1972), en el cual:

T : Temperatura media anual (°C)

Tw: Temperatura media anual de bulbo húmedo (°C)

Usando nuevamente los datos de Tacubaya, se obtiene:

$$IC_{\text{medio anual}} = 13.1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

entonces:

$$IC_p = 23.8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Considerando una amplitud de la zona de confort de 4°C,

los intervalos de sensación quedan definidos así:

IC > 33.8	Sofocante (S)
29.8 ≤ IC ≤ 33.8	Bochornoso (B)
25.8 ≤ IC < 29.8	Caluroso (C)
21.8 ≤ IC < 25.8	Agradable (A)
17.8 ≤ IC < 21.8	Fresco (F)
13.8 ≤ IC < 17.8	Frío (Fr)
IC < 13.8	Gélido (G)

El autor propone el término *gélido* para señalar más que frío, no utilizó *muy frío* para no confundir con la proposición hecha en el termopreferendum.

c) Poder de Enfriamiento

Una de las expresiones propuestas para el Poder de Enfriamiento (K) es (Oliver, 1973; Griffiths, 1985):

$$K = (33 - T)(10\sqrt{v} + 10.5 - v) \quad (8)$$

donde:

K: Poder de Enfriamiento (Kcal/m²h)

T: Temperatura ambiente (°C)

v: Rapidez del viento (m/s)

La escala de sensación para K es la siguiente (Griffiths, 1985):

50	Caliente	100	Tibio
200	Templado	400	Fresco
600	Muy fresco	800	Frío
1000	Muy frío	1200	Congelamiento glacial
1400	Congelamiento de piel expuesta	2000	Congelamiento de piel expuesta en 60 seg.
2500	Intolerable		

así que los intervalos considerados son:

$0 < K \leq 75$	Caliente (C)
$75 < K \leq 150$	Tibio (T)
$150 < K \leq 300$	Agradable (A)
$300 < K \leq 500$	Fresco (F)
$500 < K \leq 700$	Muy fresco (MF)
$700 < K \leq 900$	Frío (Fr)
$900 < K \leq 1100$	Muy frío (MFr)

d) Entalpia

En este trabajo se utiliza la relación propuesta por Gregorzuck (1968):

$$E = 0.24 (T_w + (1555/P) E_r) \quad (9)$$

En la cual:

E : Entalpia (Kcal/Kg)

T_w : Temperatura de bulbo húmedo (°C)

P : Presión atmosférica (mmHg)

E_T : Presión de saturación de vapor a la temperatura del aire
(mmilg)

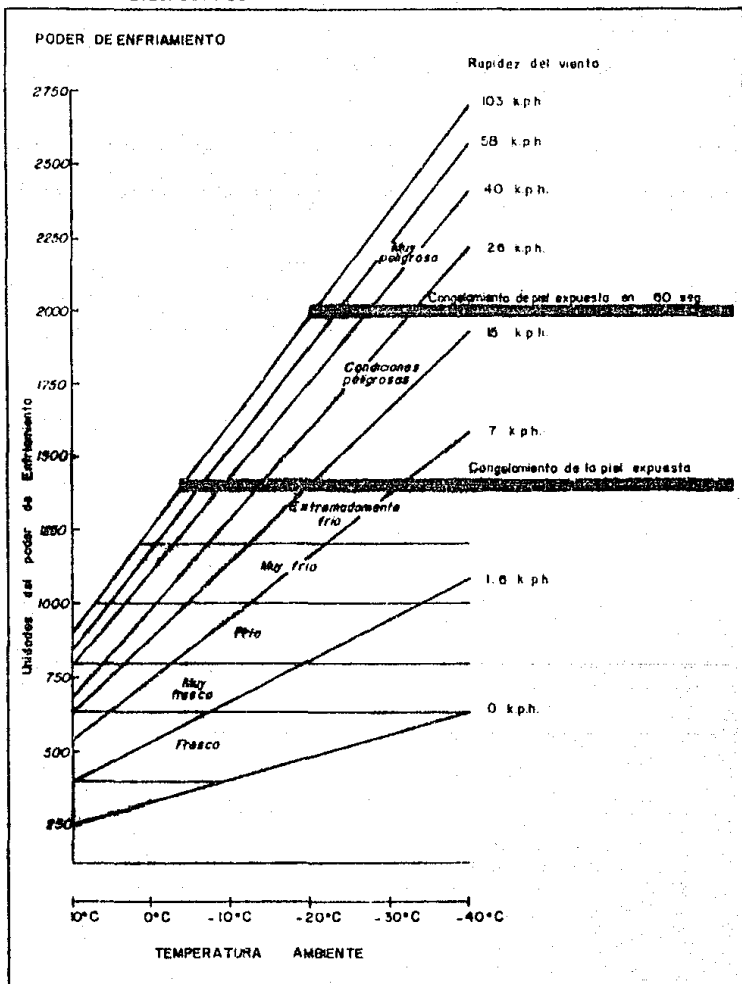
La escala de sensaciones propuesta es (Gregorzuck, 1968):

E	SENSACION
<2.5	muy frío
2.5-3.5	frío
3.5-6.0	muy fresco
6.0-7.5	fresco
7.5-8.5	fresco confortable
8.5-10.0	ideal
10.0-11.0	cálido confortable
11.0-12.0	muy cálido
12.0-19.0	cálido incófortable
19.0-26.0	muy opresivo
26.0-31.0	desconfort extremo
>31.0	letal

Esta escala generalmente es aplicable para países de latitudes medias, en el caso de México, con las mismas escalas, las sensaciones pueden ser otras como lo marca la carta correspondiente en el Atlas Nacional (1989).

De esta manera se tienen 4 índices que son la combinación de algunos elementos meteorológicos: temperatura (TP), temperatura y humedad (IC), temperatura y viento (K) y presión y humedad (E). En la gráfica 1 se muestra la combinación de los elementos meteorológicos y escalas de sensación para el poder de enfriamiento (K).

INDICE BIOMETEOROLOGICO



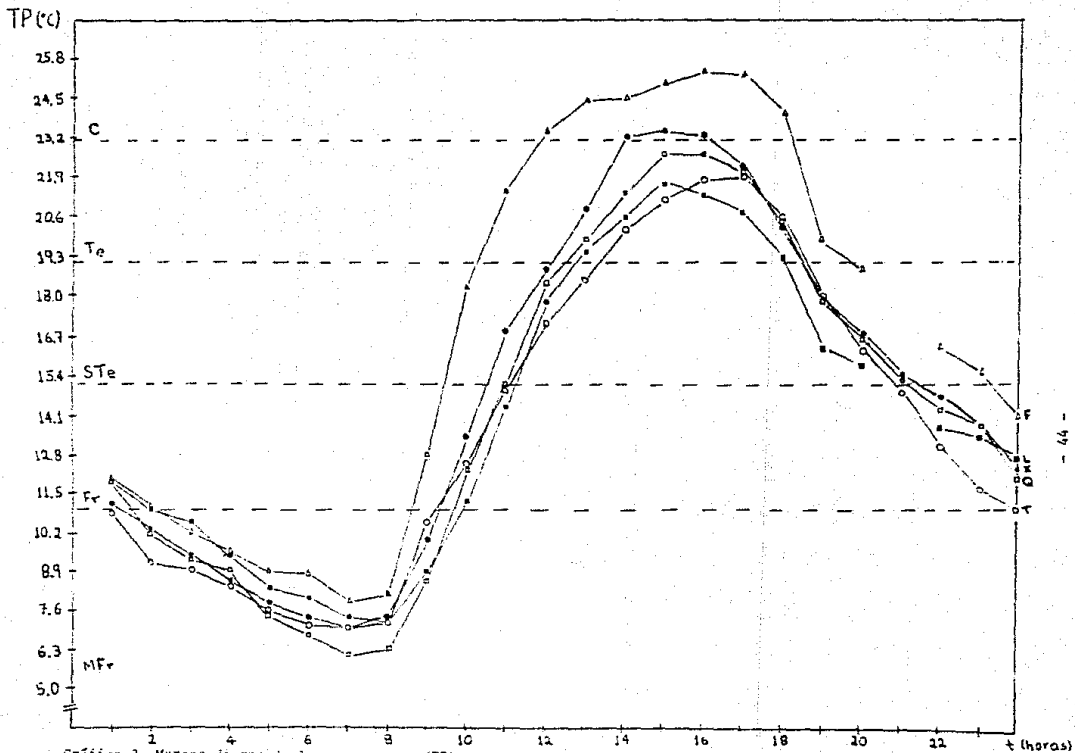
Gráfica 1. Representación gráfica del índice poder de enfriamiento.

3.4 ANALISIS PRELIMINAR DE LOS DATOS METEOROLOGICOS.

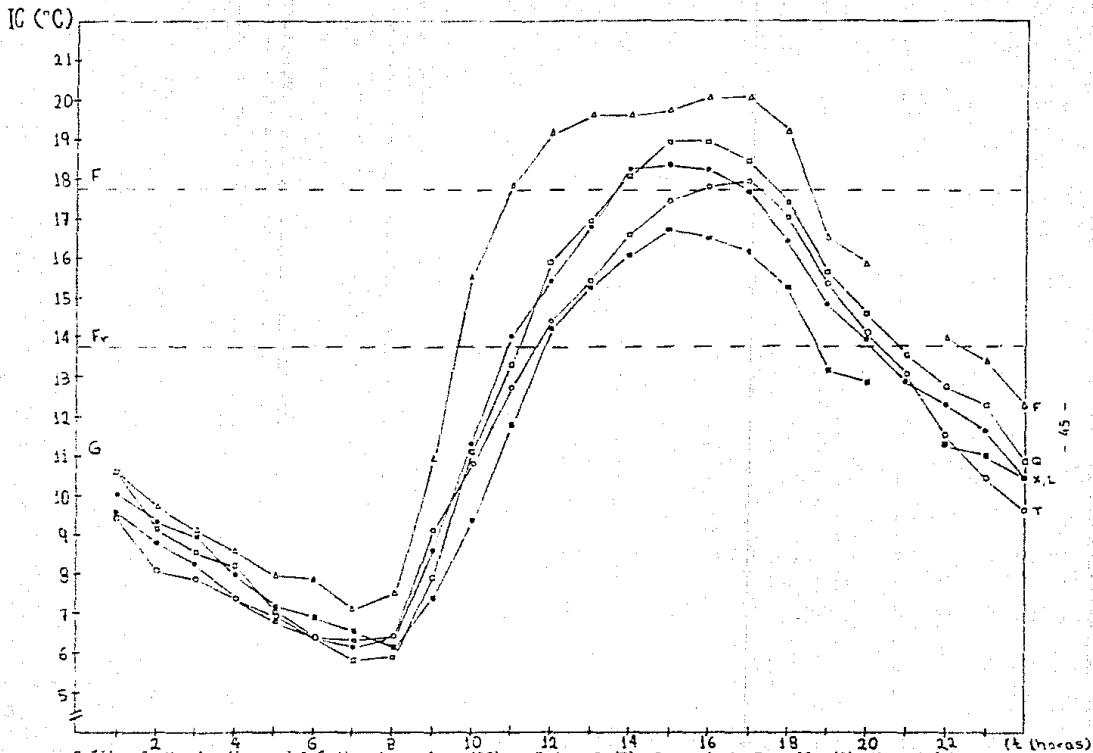
En la gráfica 2 se muestra la marcha diurna de 3 índices biometeorológicos (temperatura, índice de confort y poder de enfriamiento) para el día 8 de enero de 1988, donde se observa que las estaciones presentan una marcha diurna regular.

Los datos de la estación Pedregal son los que se toman como base para establecer una comparación con los datos de las otras estaciones. Para ello se usa una prueba de χ^2 entre Pedregal y las otras estaciones en los días 8 de enero de 1988, 30 de abril de 1987, 22 de junio de 1987 y 5 de noviembre de 1988. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 3 y muestran diferencia significativa entre Pedregal (T) y Tlanepantla (F) para los índices TP e IC en la mayoría de los días analizados, y diferencia en todas las estaciones en todos los días analizados para el índice K. Sin embargo, es conveniente recordar que mientras los intervalos de sensación de los índices TP e IC varían en unidades, los de K lo hacen en centenas, lo cual implica una mayor posibilidad de variación en este índice; no obstante, la gráfica 2 muestra que el comportamiento de este índice sigue siendo similar entre Pedregal y las demás estaciones excepto Tlanepantla.

El objetivo de comparar con la estación Pedregal es, por una parte, tomar los datos de esta estación como base para caracterizar las condiciones atmosféricas y, por la otra, la determinación de condiciones atmosféricas homogéneas en la ciudad para evitar el factor de cercanía-lejanía de los pacientes a la consulta del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias.

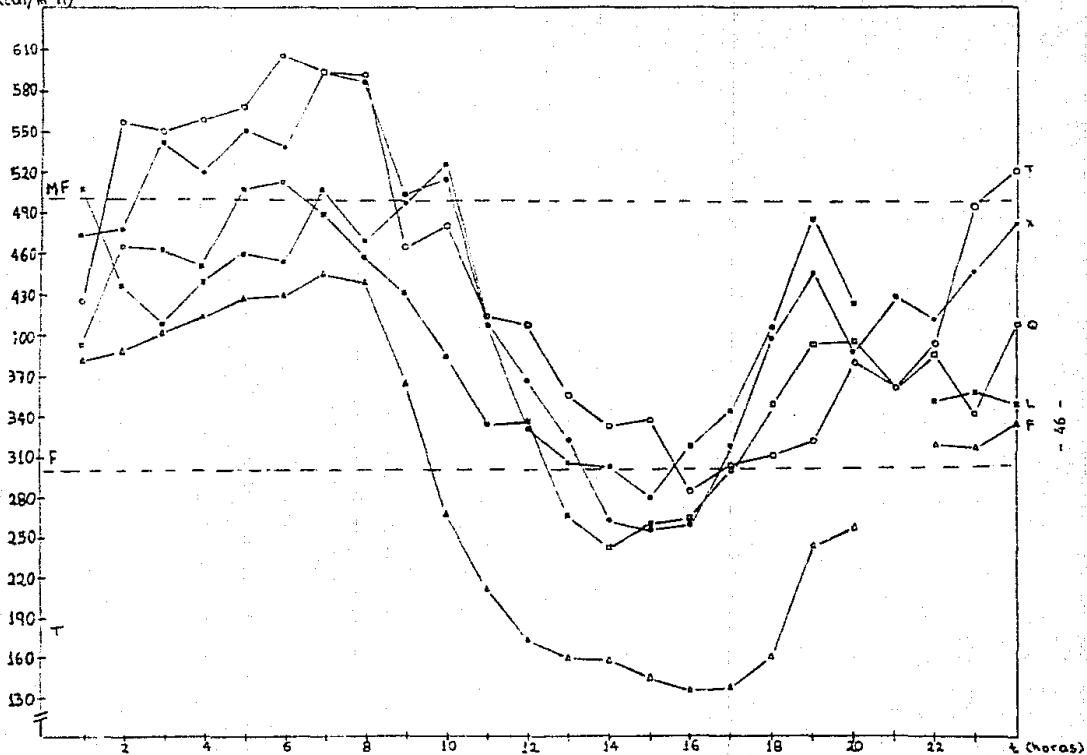


Gráfica 2. Mareta diurna de la temperatura (TP) en Pedregal (T), Cerro de la Estrella (O), Merced (X), Xalostoc (L) y Tlaxepantla (F) el 5 de enero de 1988.



Gráfica 2. Marcha diurna del índice de confort (IC) en Pedregal (I), Cerro de la Estrella (Q), Merced (X), Xalostoc (L) y Tlanepantla (F) el 8 de enero de 1988.

K (Kcal/m²h)



Gráfica 2. Marcha diurna del poder de enfriamiento (K) en Pedregal (I), Cerro de la Estrella (Q), Merced (X), Xalostoc (L) y Tlanepantla (F) el 9 de enero de 1958.

Tabla 3. Comparación de los datos de Pedregal (T) con las demás estaciones bajo una prueba de χ^2 ($p < 0.05$).

E S T	ENERO 8						ABRIL 30					
	TP		IC		K		TP		IC		K	
	Res	gl	Res	gl	Res	gl	Res	gl	Res	gl	Res	gl
T-Q	nds	23	nds	23	ds	23	nds	21	nds	20	ds	21
T-F	ds	22	ds	22	ds	22	ds	21	ds	15	ds	21
T-X	nds	22	nds	22	ds	22	nds	21	nds	19	ds	21
T-L	nds	23	nds	23	ds	23	nds	21	nds	21	ds	21
E S T	JUNIO 22						NOVIEMBRE 30					
	TP		IC		K		TP		IC		K	
	Res	gl	Res	gl	Res	gl	Res	gl	Res	gl	Res	gl
T-Q	nds	23	nds	15	ds	22	nds	23	nds	23	s/d	--
T-F	nds	23	ds	15	ds	22	nds	23	nds	23	s/d	--
T-X	nds	23	nds	15	s/d	--	nds	23	nds	23	ds	23
T-L	nds	23	s/d	-	ds	22	nds	23	nds	23	s/d	--

nds= no diferencia significativa

ds = diferencia significativa

gl = grados de libertad

s/d= sin datos

3.5 ANALISIS PRELIMINAR DE LOS DATOS DE ENFERMEDADES AGUDAS DEL APARATO RESPIRATORIO.

Como se ha especificado anteriormente, son datos diarios correspondientes a enfermedades respiratorias de vías aéreas superiores y asma. En la tabla 5 se muestra los casos registrados en el período de acuerdo a la edad y sexo del paciente.

El primer paso en el análisis de los datos es mostrar que existe variación en la frecuencia mensual de casos de enfermedades respiratorias.

Bajo la hipótesis nula de que el tiempo atmosférico estacional no influye en el número de casos de EAAR y asma ($H_0: X_1 = X_2 = \dots = X_k$), y la hipótesis alternativa (H_1): al menos un promedio es diferente; a ambas series de promedios

mensuales de enfermedades respiratorias de vías aéreas superiores y asma se les aplicó un análisis de varianza de una vía (Steel y Torrie, 1988), obteniéndose resultados de diferencia significativa ($p > 0.05$) tanto para las EAAR como para asma.

En las gráficas 3 y 4 se muestra la tendencia de los casos de las EAAR y asma en las que se observa que éstos últimos tienden a ser más altos en ciertas épocas del período analizado.

Para el análisis de estos promedios se usa una prueba de t ($p < 0.05$) (Steel y Torrie, 1988) con el fin de determinar períodos en los cuales estadísticamente no exista diferencia entre ellos. Por ejemplo, consideremos los promedios de enfermedades respiratorias de enero a mayo de 1988:

Enc = 4.6

Feb = 3.3

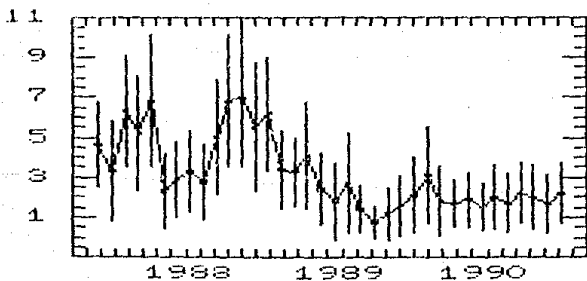
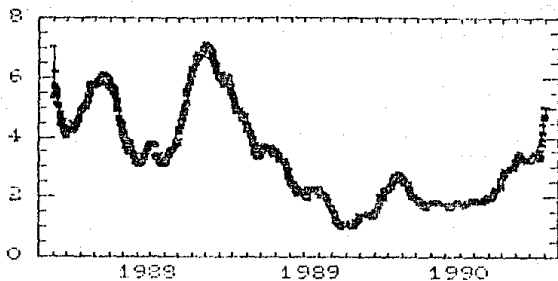
Mar = 6.3

Abr = 5.2

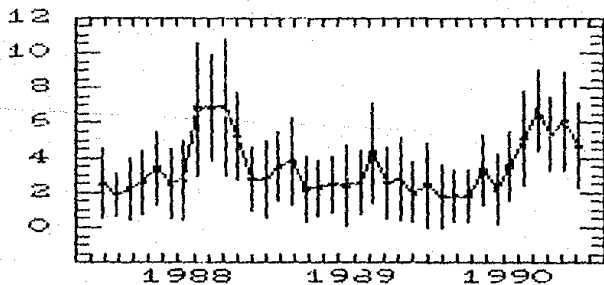
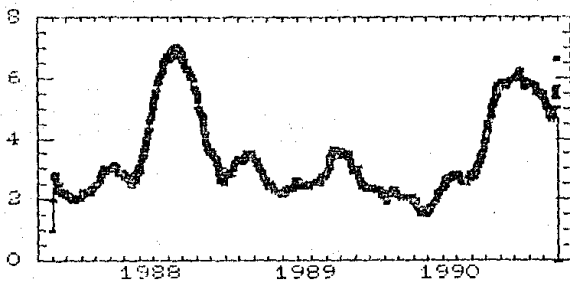
May = 6.6

Tabla 4. Estructura de edades para los pacientes diagnosticados con asma en la consulta de urgencias del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias en el período 1988-1990.

EDAD	HOMBRES	MUJERES	TOTAL
0-10	368	268	636
11-15	132	105	237
16-29	165	479	644
30-39	127	357	484
40-49	111	378	479
50-59	106	273	379
>60	160	299	459



GRAFICA 3. TENDENCIA DE LOS PROMEDIOS MOVILES (ARRIBA) Y MENSUALES (ABAJO) DE LAS EAAR EN EL PERIODO 1988-1990



GRAFICA 4. TENDENCIA DE LOS PROMEDIOS MOVILES (ARRIBA) Y MENSUALES (ABAJO) DE ASMA EN EL PERIODO 1988-1990

Bajo la prueba descrita los promedios de enero y febrero son iguales, pero el promedio de marzo es distinto a ellos. Sin embargo, marzo, abril y mayo son iguales. Así, podemos establecer, para este caso, dos *períodos por promedios*: Ene-Feb y Mar-Abr-May. Los resultados con este tipo de análisis para las EAAR y asma se presentan en la figura 9. Tomando en cuenta las descripciones climáticas mencionadas en las características de la zona de estudio, en esta misma figura se subdivide al período total en temporadas.

3.6 FORMA DE ANALISIS PROPUESTA.

Puesto que existen personas que indistintamente del tiempo atmosférico presentan síntomas de enfermedad respiratoria incluyendo el asma, para las EAAR sólo se analizan los días en que se presentaron 4 o más casos para el período 1; 6 o más casos para el período 2; 4 o más casos para el período 3; 7 o más casos para el período 4 y 3 o más casos para el período 5, que son los casos promedio por período.

Por su parte, para el asma se analizaron los días en que se presentaron 3 o más casos para el período 1; 7 o más casos para el período 2; 3 o más casos para el período 3 y 6 o más casos para el período 4.

En un principio se había pensado en caracterizar los días mediante un promedio del índice biometeorológico, pero éste tiende a ocultar las condiciones prevaletientes a lo largo del día, sobre todo las extremas. Así, se ha optado por usar otras formas de caracterización de las condiciones atmosféricas, aunque

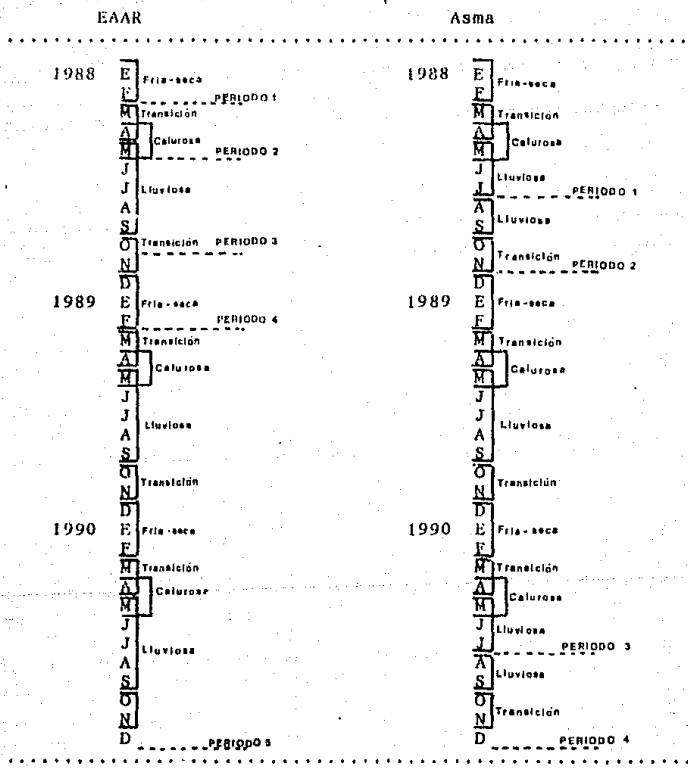


Figura 9. División del período analizado para EAAR y asma por promedios y temporadas en la Ciudad de México.

tomando como base los índices biometeorológicos propuestos.

Como se ha descrito anteriormente, la oscilación térmica en la Ciudad de México tiende a ser relativamente extrema en varias temporadas (Hernández *et al.*, 1986), y puesto que los 4 índices biometeorológicos involucran la temperatura, un parámetro con el que se busca si existe relación entre las enfermedades respiratorias y él, es la oscilación diurna de los 4 índices -tal y como lo propuso el Dr. Orvañanos (1889) hacia finales del siglo pasado con la temperatura- considerada 1, 2, 3 y 4 días antes del día en que se haya sobrepasado el número de casos promedio.

El segundo parámetro de correlación se busca en las diferencias de valores mínimos de los índices (6, 7 u 8 de la mañana) respecto al valor mínimo del día anterior. Esto es, se tiene la diferencia del día 4 con respecto al día 3, del día 3 con respecto al 2, del 2 respecto al 1 y del 1 respecto a 0 días antes del día con casos sobre el promedio. Así, se pueden tener cambios positivos de los índices si la variación de un día con respecto al otro ha provocado que el índice tenga un valor de "más hacia el calor" dentro de su escala; y cambios negativos en caso contrario.

RESULTADOS

Un breve análisis de las gráficas 3 y 4 y de los períodos descritos, muestra que las EAAR no llegan a mostrar cierta estacionalidad como ocurrió con el asma. Para ésta, se observa un ascenso de casos en los meses de agosto a noviembre en 1988, una ligera insinuación de ascenso en septiembre de 1989 y un nuevo ascenso de agosto a diciembre de 1990.

Si bien en las tablas sólo se presenta el índice de correlación para regresiones de tipo lineal ($y=a + bX$), también se realizaron de tipo recíproco ($1/y= a + bX$), exponencial ($y=\exp(a + bX)$) y de tipo multiplicativo ($y= ab^X$), aunque este último tipo sólo fue aplicable a cambios positivos de los índices; el índice de correlación lineal mostró valores aceptables en comparación a los demás. Y aún cuando se obtuvieron todas las tablas para todos los índices para todos los períodos y temporadas, sólo se presentan las más relevantes.

En las tablas 5 y 6 se muestran los coeficientes de correlación para la temperatura mínima (TP) e índice de confort mínimo (IC) con las EAAR, tanto para una correlación total como para los cambios positivos y negativos de los índices para los períodos obtenidos. Al igual que en las tablas posteriores, en estas sólo se presenta al mayor valor de r obtenido en el análisis y su prueba de significancia ($p<0.05$).

En las tablas 7 y 8 se presenta el coeficiente de correlación para la temperatura mínima (TP) y el índice de confort mínimo (IC) con las EAAR, en este caso el análisis se realizó por

temporadas.

La tabla 9 corresponde a la correlación obtenida entre el poder de enfriamiento (K) y los casos de asma para los períodos analizados. En tanto, en la tabla 10 se presenta el índice de correlación para ese mismo índice biometeorológico y asma por temporadas.

Para ratificar los resultados que se obtuvieron "a mano", en la tabla 11 y en la gráfica 5 se presentan los índices de correlación estimados por un análisis de correlación cruzada para las EAAR-cambios negativos de temperatura en ENE-FEB de 1988.

En la tabla 12 y en las gráficas 6 y 7, mediante el mismo tipo de análisis, se presentan los resultados obtenidos para ABR-MAY de 1989, para los cambios positivos y negativos, para la relación asma-poder de enfriamiento.

La búsqueda de relación entre asma y condiciones ambientales no se limita a los elementos meteorológicos; los contaminantes en primera instancia (e.g. Ribon *et al.*, 1972), y factores biológicos como polen han sido incluidos en esa relación (e.g. Holberg *et al.*, 1987). Con el objetivo de tener una mejor visión de la acción de los elementos meteorológicos en la relación que nos ocupa, en la tabla 13 la correlación múltiple presentada corresponde al poder de enfriamiento y la concentración máxima de ozono con el asma para los períodos y temporadas de 1988.

La comparación de esta tabla con las correspondientes (9 y 10) muestra que índice de correlación tiende a mejorarse, es decir, el índice de correlación múltiple tiene valores mayores que los obtenidos en la correlación lineal, independientemente de si son

significativos o no. La tabla 14, correspondiente a correlaciones parciales entre asma-poder de enfriamiento y asma-concentración de ozono muestra que algunas veces se da mejor la primera que la segunda.

Tabla 5. Coeficientes de correlación (r) entre la temperatura mínima (TP) y las EAAR por periodos.

PER	r TOTAL	D.A.	p	r C. P.	D.A.	p	r C. N.	D.A.	p
1	-0.32	4-3	>0.05	-0.60	4-3	>0.05	-0.51	2-1	>0.05
2	0.15	4-3	>0.05	0.13	1-0	>0.05	-0.26	2-1	>0.05
3	0.21	3-2	>0.05	0.34	4-3	>0.05	-0.39	4-3	<0.05
4	0.08	1-0	>0.05	0.19	4-3	>0.05	-0.44	4-3	<0.05
5	-0.13	4-3	>0.05	-0.13	4-3	>0.05	-0.17	2-1	>0.05

r : Índice de correlación sin importar el cambio del índice TOTAL biometeorológico

r : Índice de correlación considerando sólo los cambios C. P. positivos del índice biometeorológico.

r : Índice de correlación considerando sólo los cambios C. P. negativos del índice biometeorológico.

D. A.: Días antes

Tabla 6. Coeficientes de correlación (r) entre el índice de confort mínimo (IC) y las EAAR por periodos.

PER	r TOTAL	D.A.	p	r C. P.	D.A.	p	r C. N.	D.A.	p
1	-0.17	2-1	>0.05	0.47	3-2	>0.05	-0.63	1-0	>0.05
2	-0.22	1-0	>0.05	0.16	1-0	>0.05	-0.31	2-1	>0.05
3	SIN DATOS								
4	0.15	3-2	>0.05	0.29	4-3	>0.05	-0.43	4-3	<0.05
5	-0.11	4-3	>0.05	-0.11	4-3	>0.05	-0.11	1-0	>0.05

Tabla 7. Coeficientes de correlación (r) entre la temperatura mínima (TP) y las EAAR por temporadas.

TEMP	r TOTAL	D.A.	p	r C. P.	D.A.	p	r C. N.	D.A.	p
E-F	-0.32	4-3	>0.05	-0.60	4-3	>0.05	-0.51	2-1	>0.05
M-A	-0.20	2-1	>0.05	0.25	3-2	>0.05	-0.37	2-1	>0.05
A-M	-0.19	1-0	>0.05	-0.39	3-2	>0.05	-0.40	2-1	>0.05
M-S	0.12	4-3	>0.05	-0.33	3-2	>0.05	-0.44	2-1	<0.05
D-F	0.09	2-1	>0.05	0.21	1-0	>0.05	-0.50	4-3	<0.05
M-A	-0.08	4-3	>0.05	-0.27	2-1	>0.05	-0.17	3-2	>0.05
A-M	-0.42	4-3	<0.05	0.54	3-2	<0.05	0.36	1-0	>0.05
M-S	-0.18	4-3	>0.05	0.37	3-2	>0.05	-0.26	2-1	>0.05
D-F	0.29	3-2	>0.05	0.37	4-3	>0.05	-0.44	3-2	>0.05
M-S	0.31	1-0	>0.05	-0.52	2-1	>0.05	0.59	3-2	>0.05
O-N	0.32	3-2	>0.05	-0.38	3-2	>0.05	-0.34	3-2	>0.05

Tabla 8. Coeficientes de correlación (r) entre el índice de confort mínimo (IC) y las EAAR por temporadas.

TEMP	r TOTAL	D.A.	p	r C. P.	D.A.	p	r C. N.	D.A.	p
E-F	-0.17	2-1	>0.05	0.47	3-2	>0.05	-0.63	1-0	>0.05
M-A	-0.21	2-1	>0.05	-0.51	4-3	>0.05	-0.59	2-1	>0.05
A-M	-0.32	1-0	>0.05	-0.34	3-2	>0.05	-0.40	2-1	>0.05
M-S	0.27	4-3	>0.05	0.26	2-1	>0.05	0.72	4-3	>0.05
D-F	-0.14	4-3	>0.05	-0.47	3-2	>0.05	-0.59	4-3	<0.05
M-A	-0.14	4-3	>0.05	0.13	3-2	>0.05	0.39	2-1	>0.05
A-M	-0.31	4-3	<0.05	0.38	3-2	>0.05	0.45	1-0	>0.05
M-S	0.11	2-1	>0.05	-0.20	1-0	>0.05	-0.31	2-1	>0.05
D-F	0.23	3-2	>0.05	0.29	3-2	>0.05	-0.56	3-2	>0.05
M-S	0.37	1-0	>0.05	-0.46	2-1	>0.05	0.52	1-0	>0.05
O-N	0.27	3-2	>0.05	-0.38	3-2	>0.05	-0.39	4-3	>0.05

Tabla 9. Coeficientes de correlación (r) entre el poder de enfriamiento mínimo (K) y asma por periodos.

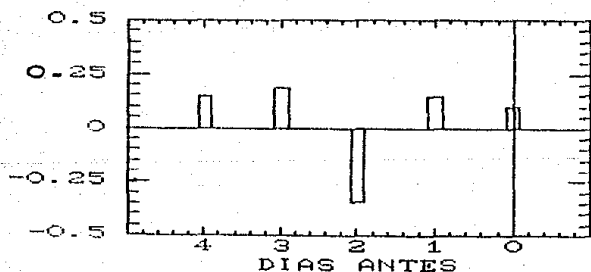
PER	r TOTAL	D.A.	p	r C. P.	D.A.	p	r C. N.	D.A.	p
1	-0.20	4-3	>0.05	0.37	2-1	<0.05	-0.12	3-2	>0.05
2	-0.35	3-2	<0.05	0.25	1-0	>0.05	-0.51	1-0	<0.05
3	-0.06	3-2	>0.05	0.14	3-2	>0.05	-0.16	3-2	>0.05
4	0.11	1-0	>0.05	0.48	1-0	<0.05	0.36	3-2	>0.05

Tabla 10. Coeficientes de correlación (r) entre el poder de enfriamiento mínimo (K) y asma por temporadas.

TEMP	r TOTAL	D.A.	p	r C. P.	D.A.	p	r C. N.	D.A.	p
E-F	0.44	2-1	<0.05	0.79	2-1	<0.05	-0.56	4-3	>0.05
M-A	-0.39	4-3	>0.05	-0.36	4-3	>0.05	0.49	2-1	>0.05
A-M	-0.36	4-3	>0.05	0.20	2-1	>0.05	0.37	2-1	>0.05
M-J	-0.20	4-3	>0.05	0.33	2-1	>0.05	-0.46	1-0	<0.05
A-S	-0.40	3-2	>0.05	0.33	1-0	>0.05	0.68	1-0	>0.05
O-N	-0.33	3-2	>0.05	-0.69	2-1	>0.05	-0.61	1-0	<0.05
D-F	0.20	4-3	>0.05	0.50	3-2	<0.05	0.33	4-3	>0.05
M-A	-0.09	1-0	>0.05	-0.23	1-0	>0.05	-0.55	1-0	>0.05
A-M	0.46	4-3	>0.05	0.30	4-3	>0.05	-0.80	1-0	>0.05
M-S	-0.40	3-2	<0.05	0.16	1-0	>0.05	-0.59	3-2	<0.05
O-N	-0.41	2-1	>0.05	0.74	1-0	<0.05	-0.63	3-2	>0.05
D-F	0.20	4-3	>0.05	0.50	3-2	<0.05	0.33	4-3	>0.05
M-A	0.83	3-2	<0.05	0.97	1-0	>0.05	-0.38	2-1	>0.05
A-M	0.45	3-2	>0.05	0.53	2-1	>0.05	0.25	4-3	>0.05
M-J	0.18	3-2	>0.05	0.43	3-2	>0.05	0.30	1-0	>0.05
A-S	-0.15	2-1	>0.05	0.69	1-0	>0.05	-0.74	2-1	<0.05
O-N	0.40	1-0	>0.05	0.42	1-0	>0.05	0.33	3-2	>0.05

Tabla 11. Correlaciones cruzadas para las EAAR y la temperatura mínima en enero-febrero de 1988.

RETRASO	CORRELACION CRUZADA	"A MANO"
-4	0.15	-0.06
-3	0.18	0.05
-2	-0.34	-0.51
-1	0.15	0.11
0	0.10	



GRAFICA 5. INDICES DE CORRELACION ESTIMADOS POR CORRELACIONES CRUZADAS ENTRE LAS EAAR Y LOS CAMBIOS ESTIMADOS DE LA TEMPERATURA MINIMA EN ENERO-FEBRERO DE 1988 CUANDO LOS CAMBIOS DE LA TEMPERATURA MINIMA FUERON NEGATIVOS.

Tabla 12. Correlaciones cruzadas para asma y poder de enfriamiento mínimo (positivo y negativo) en abril-mayo de 1989.

POSITIVO			NEGATIVO		
RETRASO	CORREL. CRUZADA	"A MANO"	RETRASO	CORREL. CRUZADA	"A MANO"
-4	0.25	0.30	-4	-0.06	0.41
-3	0.10	0.13	-3	-0.01	0.12
-2	-0.21	0.02	-2	0.17	-0.45
-1	0.24	-0.05	-1	-0.21	-0.80
0	-0.04		0	-0.63	

Tabla 13. Coeficientes de correlación múltiple (R) entre los casos de asma, poder de enfriamiento mínimo (K) y concentración máxima de ozono (O₃) para los períodos y temporadas correspondientes a 1988.

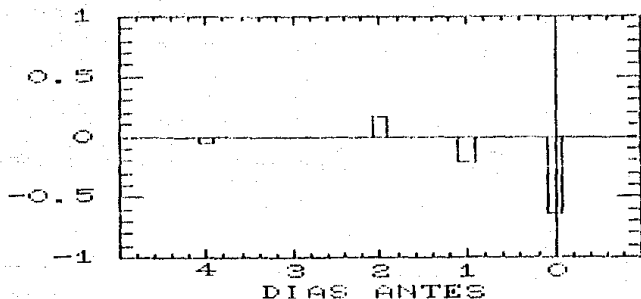
PER TEMP	R			R			R		
	TOTAL	D.A.	p	C. P.	D.A.	p	C. N.	D.A.	p
1	0.24	4-3	>0.05	---	---	---	0.17	1-0	>0.05
2	0.44	1-0	<0.05	0.54	4-3	>0.05	0.58	2-1	<0.05
E-F	0.48	3-2	>0.05	0.66	3-2	>0.05	0.75	2-1	<0.05
M-A	0.48	1-0	>0.05	0.54	3-2	>0.05	0.33	1-0	>0.05
A-M	0.41	1-0	>0.05	0.40	3-2	>0.05	0.46	2-1	>0.05
M-J	0.14	4-3	>0.05	0.10	4-3	>0.05	0.41	1-0	>0.05
A-S	0.57	1-0	<0.05	0.81	4-3	<0.05	0.88	1-0	>0.05
O-N	0.41	1-0	>0.05	0.98	1-0	>0.05	0.93	2-1	<0.05
D	---	---	---	0.68	4-3	>0.05	0.87	3-2	>0.05

Tabla 14. Correlaciones parciales entre asma-poder de enfriamiento mínimo y asma-concentración máxima de ozono para algunos períodos y temporadas de 1988.

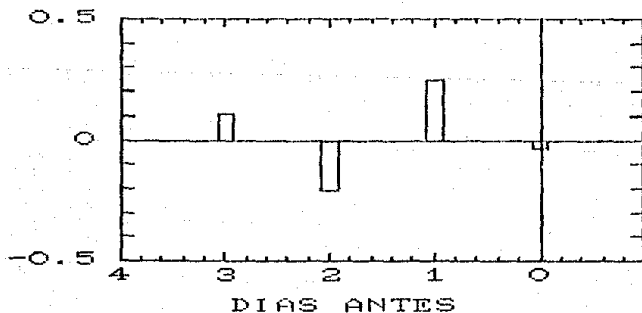
PER/TEMP	VARIACION DEL INDICE	D. A.	ASMA-PODER DE ENFRIAMIENTO	ASMA-OZONO
1	TOTAL	4-3	-0.50	-0.18
1	C. N.	1-0	0.01	0.21
2	TOTAL	1-0	-0.10	-0.47
2	C. P.	4-3	0.23	0.58
2	C. N.	2-1	-0.17	-0.63
E-F	TOTAL	3-2	0.27	-0.61
E-F	C. N.	2-1	0.43	-0.80
M-A	TOTAL	1-0	0.13	0.28
M-A	C. P.	3-2	0.45	-0.15
A-M	TOTAL	1-0	0.37	0.39
A-M	C. P.	3-2	-0.37	0.56
A-M	C. N.	2-1	0.37	0.48
A-S	TOTAL	1-0	0.43	-0.52
A-S	C. P.	4-3	0.67	0.85
A-S	C. N.	1-0	0.82	-0.81
O-N	TOTAL	1-0	-0.37	-0.40
O-N	C. P.	1-0	0.99	0.72
O-N	C. N.	2-1	-0.56	-0.96

Tabla 15. Correlaciones parciales entre asma-poder de enfriamiento mínimo y asma-concentración máxima de ozono obtenidas por el procedimiento STEPWISE (método iterativo) en enero-febrero (cambios negativos del poder de enfriamiento mínimo) y abril-mayo (cambios positivos del poder de enfriamiento mínimo) en 1988.

ENERO-FEBRERO			ABRIL-MAYO		
	STEPWISE	"A MANO"		STEPWISE	"A MANO"
ASMA-K	0.31	0.43	ASMA-K	0.30	-0.37
ASMA-O3	-0.77	-0.80	ASMA-O3	0.52	0.56



GRAFICA 6. INDICES DE CORRELACION ESTIMADOS POR CORRELACIONES CRUZADAS ENTRE ASMA Y PODER DE ENFRIAMIENTO MINIMO EN ABRIL-MAYO DE 1989 CUANDO LOS CAMBIOS DE ESTE ULTIMO FUERON NEGATIVOS



GRAFICA 7. INDICES DE CORRELACION ESTIMADOS POR CORRELACIONES CRUZADAS ENTRE ASMA Y PODER DE ENFRIAMIENTO MINIMO EN ABRIL-MAYO DE 1989 CUANDO LOS CAMBIOS DE ESTE ULTIMO FUERON POSITIVOS.

CAPITULO V

DISCUSION DE RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Como se ha mencionado anteriormente, en el período analizado el asma mostró una tendencia de estacionalidad entre los meses de agosto a diciembre. Esta "época asmática" corresponde - meteorológicamente hablando- a las temporadas de finales de lluvias o canchua si se presenta, de transición e inicio de la de secas. Aunque se requeriría un análisis más detallado para determinar las características climáticas que prevalecieron en el período analizado.

Si bien en la mayoría de los casos los índices de correlación simple son no significativos ($p > 0.05$), en los análisis por temporadas para la relación asma (o EAAR, en su caso)-índice biometeorológico (para cambios positivos y negativos del índice), en un 30-40% de las temporadas analizadas tuvo validez esa relación de dependencia.

Las tablas 5 y 6, correspondientes al análisis por períodos en el caso de las EAAR, muestran un aspecto interesante en lo referente a los cambios negativos: los índices de correlación son negativos, independientemente de si son significativos o no. Esta tendencia es mejor reflejada por la temperatura mínima que por el índice de confort mínimo (en cuanto al número de índices de correlación) cuando el análisis se hizo por temporadas.

Como se muestra en la gráfica 8, esta tendencia sugiere que mientras mayor sea el cambio negativo de temperatura, mayor será la posibilidad de que aumenten los casos de enfermedades respiratorias. La tabla 8 muestra que dicho aumento puede

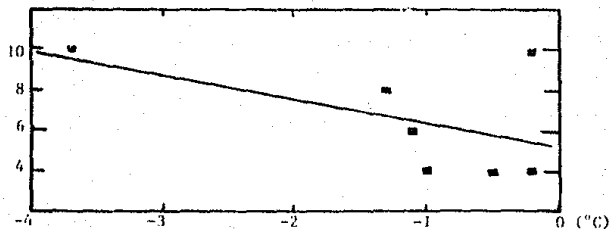
presentarse de 2 o 3 días después; para corroborar este resultado, en la gráfica 9, donde se ha usado la normalización:

$$\text{EAAR NORMALIZADA} = \frac{\text{EAAR}_{t_1} - \text{EAAR}_{t_1-2}}{\text{EAAR}_{t_1} - \text{EAAR}_{t_1-1}} \quad (10)$$

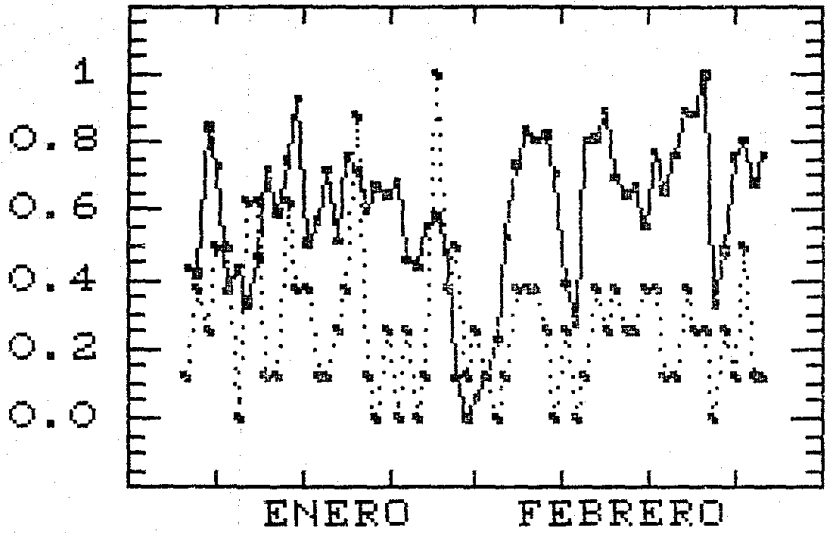
y una normalización similar para la temperatura mínima, ésta con un retraso de 2 días ha sido sobrepuesta a los casos de EAAR en enero-febrero de 1988 para mostrar la correspondencia entre ellas.

La tabla 9 muestra que, refiriéndonos a los cambios positivos y negativos del poder de enfriamiento mínimo, los coeficientes de correlación fueron positivos y negativos respectivamente. Al realizarse el análisis por temporadas, la tabla

CASOS
EAAR



GRAFICA 8. RECTA DE AJUSTE ($r=-0.51$) PARA LOS CAMBIOS NEGATIVOS DE LA TEMPERATURA MÍNIMA Y LAS EAAR EN ENERO-FEBRERO DE 1988.

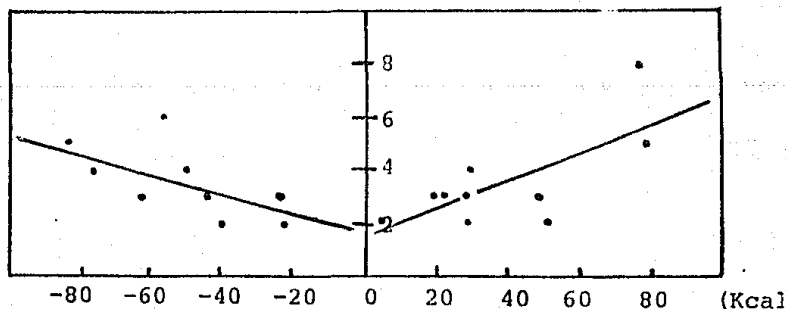


Gráfica 9. Casos de EAAR y temperatura mínima (con un retraso de 2 días) en enero-febrero de 1988

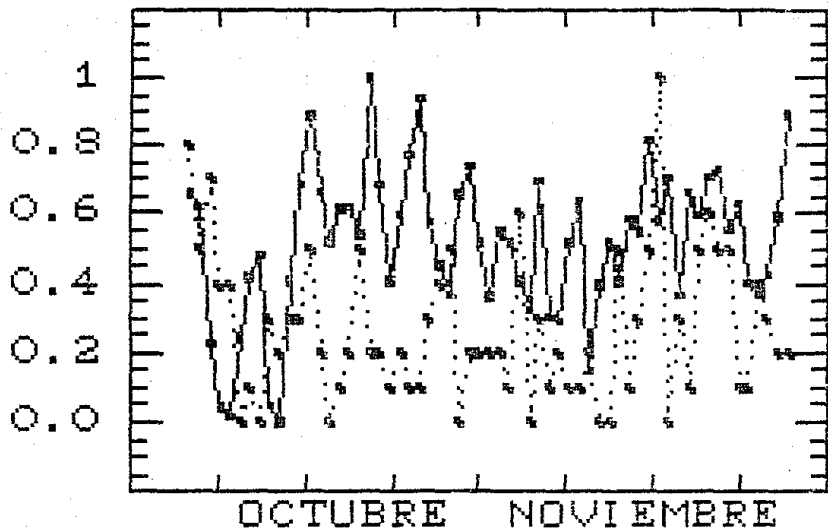
10 muestra que esta tendencia más o menos se mantiene, sobre todo en los cambios positivos. La gráfica 10 muestra que bajo este aspecto tendríamos una "gráfica de parábola"; esto es, mientras más fuerte sea el cambio negativo del índice biometeorológico K, mayor será el número de casos de asma, pero también mientras más fuerte sea el cambio positivo, también será mayor el número de casos de asma. En ambos casos, los cambios se manifestarán 1 o 2 días después. Para corroborar este resultado, en la gráfica 11, donde se ha usado una normalización como la propuesta para las EAAR, el poder de enfriamiento mínimo (con un retraso de 2 días) ha sido sobrepuesto a los casos de asma en octubre-noviembre de 1989 para mostrar la correspondencia entre ellas.

Profundizando un poco más en la búsqueda de la influencia que ejerce en tiempo atmosférico (en este caso a través de los

CASOS ASMA



GRAFICA 10. RECTA DE AJUSTE PARA LOS CAMBIOS NEGATIVOS ($r=-0.63$) Y POSITIVOS ($r=0.74$) DEL PODER DE ENFRIAMIENTO MÍNIMO Y ASMA EN OCTUBRE-NOVIEMBRE DE 1989.



Gráfica 11. Casos de asma y poder de enfriamiento mínimo (con un retraso de 2 días) en octubre-noviembre de 1989.

Indices biometeorológicos) sobre el asma, las tablas de correlación múltiple mostraron que el índice de correlación se mejoró en la correlación asma-poder de enfriamiento-ozono (independientemente de si son significativos o no). Aún en ese caso, el análisis de correlación parcial (para temporadas y cambios positivos o negativos del índice solamente) muestra que en un 38% de las temporadas analizadas, es más fuerte la relación asma-poder de enfriamiento que asma-ozono.

Así, redondeando las conclusiones se tiene que:

- Los cambios negativos de temperatura muestran la mejor tendencia de relación con las enfermedades agudas de aparato respiratorio (EAAR).
- De los índices propuestos, el poder de enfriamiento (combinación temperatura-viento) mostró la mejor tendencia de relación con el asma.
- La inclusión de un contaminante (ozono) en la relación asma-poder de enfriamiento, mejoró la correlación. No obstante, las correlaciones parciales otorgaron en un 38% mayor peso a la relación asma-poder de enfriamiento que a la relación asma-ozono.

Por otra parte, es importante mencionar que existen diversos puntos que pueden ser aplicables a las series de datos usados en este trabajo, con el fin de ratificar u obtener mejores resultados. Entre ellos destacan:

- Un análisis de promedios móviles con mayor rigor así como otros tipos de análisis exploratorio de datos, para lo cual se puede usar

la propuesta de Salgado (1992), donde de manera simple y usando paquetes computacionales de uso común, es posible llevar a cabo dichos análisis.

- La inclusión de elementos biológicos como polen u hongos pueden ser un factor importante en la determinación de la manera de actuar -directa o indirecta- del tiempo atmosférico sobre la salud y bienestar del hombre.

- La aplicación del mismo método en una ciudad (con condiciones geográficas y climatológicas similares) donde los contaminantes no tengan un peso tan elevado, es un factor digno de considerarse para determinar hasta que punto los elementos atmosféricos pueden tener una influencia directa sobre la salud del hombre.

BIBLIOGRAFIA

Atlas Nacional (1989): Distribución de la entalpia (calor total). Instituto de Geografía de la UNAM.

Auliciems, A. (1981): Towards a psycho-physiological model of thermal perception. *Int. J. Biometeorol.* 25(2):109-122.

Cosío, J., A. Celis y M. Cosío (1979): *Aparato Respiratorio* (Novena 1979 Edición). F. Méndez (Ed.). México, D. F. 844 pp.

Derrick, E. H. (1965): The seasonal variation of asthma in Brisbane: its relation to temperature and humidity. *Int. J. Biometeorol.* 9(3):239-251.

----- (1966): The annual variation of asthma in Brisbane: its relation to the weather. *Int. J. Biometeorol.* 10(1):91-99.

Fanger, P. D. y N. Jonassen (1974): Physical parameters of living working quarters man. *Progress in Biometeorology Volume I Part Ia*. Swetz and Zeitlinger B. V. Amsterdam. pp:129-137.

Flach, E. (1981): Human bioclimatology. *World Survey of Climatology 3*. (H. E. Landsberg ed). Elsevier Scientific Publishing Co. Amsterdam.

Fuentes, L. (1990): *Climatología Médica. La ecología y su salud*
Edamex. México. 189 pp.

Galindo, I., R. Chapela y M. Selman (1988): Asma bronquial y
factores ambientales. *Memoria del III Congreso Interamericano
de Meteorología y III Congreso Mexicano de Meteorología.*
pp:237-240.

Givoni, B. (1974): Biometeorological indices. *Progress in
Biometeorology Volume 1 Part Ia.* Swetz and Zeitlinger B. V.
Amsterdam. pp:138-145.

Goldsmith, J. R. y N. M. Perkins (1963): Seasonal variations in
mortality. *Biometeorology Vol. 2 Part 1* (Tromp y Weihe eds).
Pergamon Press. Gran Bretaña. pp:97-114

Goldstein, I. F. y L. E. Rausch (1978): Time series analysis of
morbidity data for assessment of the acute environmental health
effects. *Environmental Research* 17:266-275

Greenburg, L., F. Field, J. I. Reed y C. L. Erhardt (1963):
Asthma and temperature change. *Biometeorology Vol. 2 Part 1.*
(Tromp y Weihe eds). Pergamon Press. Gran Bretaña. pp:3-6.

Gregorczyk, M. (1968): Bioclimates of the world related to air
enthalpy. *Int. Jour. Biometeorol.* 12:35-39.

Griffiths, J. F. (1985): *Climatología Aplicada*. Publicaciones Culturales S. A. México. 154 pp.

Hensel, H. (1973): Temperature reception and thermal comfort. *Arch. Sci. Physiol.* 27:359-370 (citado en Auliciems, 1981).

Hernández, E., E. Mayer y A. Alcántara (1986): *Recomendaciones Bioclimáticas para la Vivienda*. UNAM, U. de Colima y U. VII de París. México, D. F.

Holberg, C., M. Kay y M. D. Lebowitz (1987): Multivariate analysis of ambient environmental factors and respiratory effects. *Int. Journal of Epidemiology* 16(3):399-410

Huschke, R. E. (1980): *Glossary of Meteorology* (Tercera Edición). American Meteorological Society. USA. 638 pp.

Jáuregui, E. (1975): Las zonas climáticas de la Ciudad de México. *Boletín del Instituto de Geografía UNAM*. 6:47-58.

----- (1989): The dust storms of México City. *Int. Journal of Climatology*. 9:169-180

----- (1990): The human climate of tropical cities. *Memorias del Primer Encuentro Nacional de Diseño y Medio Ambiente*. Colima, Méx.

Landsberg, H. E. (1972): The assessment of human bioclimates. A limited review of physical parameters. *Nota Técnica No.123* WMO. Génova. 36 pp.

Lee, R. M. y J. B. Forrest (1991): Structure and function of cilia. *The Lung* (R. G. Crystal, J. B. West *et al.* eds) Raven Press. Nueva York, USA. pp:169-181.

Lewis, H. E., A. R. Foster, B. J. Mullan, R. N. Cox y R. P. Clark (1969): Aerodynamics of the human microenvironment. *The Lancet* 1:1273-1277.

McFadden, E. R. (1991): Regulation by physical factors. *The Lung* (R. G. Crystal, J. B. West *et al.* eds) Raven Press. Nueva York, USA. pp:967-976.

Mosiño, P. y E. García (1973): The climate of México. En *World Survey of Climatology 11* (H. E. Landsberg ed) Elsevier Scientific Publishing Co. Amsterdam.

Oliver, J. E. (1973): *Climate and Man's Environment: an Introduction to Applied Climatology*. John Wiley and Sons. USA. 517 pp.

Orvañanos, D. (1889): *Ensayo de Geografía Médica y Climatología de la República Mexicana*. Secretaría de Fomento de México. 193 pp.

Pagney, P. y J-P Basancenot (1982): Human bioclimatology in tropical zones. Discussion and practical implications (1). *Climatological Notes No. 29*. Proceedings of the Tokyo Meeting on Tropical Climatology and Human Settlements. pp:56-63.

Pearce, E. A. y G. Smith (1984): *The Times Books World Weather Guide*. Times Books. USA. 480 pp.

Pozos, B. y V. Barradas (1988): Evolución de la temperatura de la región sur de la Ciudad de México debido a la urbanización. *Memoria del III Congreso Interamericano de Meteorología y III Congreso Mexicano de Meteorología*. pp:157-159.

Precht, H., J. Christophersen, H. Hensel y W. Larcher (1973): *Temperature and Life*. Springer-Verlag. Alemania. 779 pp.

Ribon; A., M. Glasser y N. Sudhirvoraseth (1972): Bronchial asthma in children and its occurrence in relation to weather and air pollution. *Annals of Allergy*. 30:276-281.

Robbins, S. L. (1975): *Patología Estructural y Funcional*. Nueva editorial Interamericana. México. 1516 pp.

Salgado, I. H. (1992): *El análisis exploratorio de datos biológicos. Fundamentos y aplicaciones*. Ed. ENEP "ZARAGOZA" UNAM. México, D. F. 243 pp.

SAG (Secretaría de Agricultura y Ganadería) (1976): *Normales Climatológicas/Período 1940-1970*. México.

Sargent II, F. y S. W. Tromp (1964): A survey of human biometeorology. *Nota Técnica No. 65 WHO* (citado en Wallén, 1974).

Selle, W. A. (1952): *Body Temperature: its changes with Environment, Disease and Therapy*. Charles C. Thomas Publisher. Illinois, USA. 112 pp.

Steel, R. y J. H. Torrie (1988): *Bioestadística. Principios y Procedimientos*. ed. Mac Graw-Hill. México, D. F. 622 pp.

Sulwan, F. G. (1976): *Health, Weather and Climate. Perspectives in medicine*. (S. Karger ed). Basel, Suiza. 159 pp.

Susuki, S., T. Tamakura, K. Tadokoro, F. Takeuchi, Y. Yukiya y T. Miyamoto (1988): Correlation between the atmospheric conditions and the asthmatic symptom. *Int. J. Biometeorol.* 32:129-133.

Szokolay, S. (1980): *Environmental Science Handbook*. Construction Press Ltd. England.

Tejeda, A. (1990): Un modelo de simulación de la marcha diaria del confort higrotérmico en el Estado de Veracruz. *Tesis Maestría en Ciencias (Geofísica)*. Fac. de Ciencias UNAM.

Tromp, S. W. y W. H. Weihe (eds) (1963): *Biometeorology Vol 2 Part 1*. Preceedings of the Third International Biometeorological Congress. Pergamon Press. Gran Bretaña. 520 pp.

Tromp, S. W. (1968): Influence of weather and climate on asthma and bronchitis. *Review Allerg.* 22:1027-1044 (citado en Ribon *et al.*, 1972)

Tromp, S. W. (ed) (1974): *Progress in Biometeorology*. Volume 1 Part IA y Part IB. Swetz and Zeitlinger B. V. Amsterdam.

----- (1974a): Definition and clasification of biometeorology. *Ibidem*. pp:20-22.

----- (1974b): Principal centres in the human body registering meteorological stimuli. *Ibidem*. pp:199-214.

Tudela, F. (1982): *Ecodiseño*. Universidad Autónoma Metropolitana. México. 235 pp.

Villa Sánchez, D., J. Guerra y P. Rincón (1988): Métodos estadísticos aplicados al tropismo meteorológico sobre la salud humana. *Memoria del III Congreso Interamericano de Meteorología y III Congreso Mexicano de Meteorología*. pp:248-251.

Wallén, C. C. (1974): A brief survey of meteorology as related to the biosphere. *Special Environmental Report No. 4 WMO*. Génova. 54 pp.

WMO (World Meteorological Organization) (1992): *Vocabulario Meteorológico Internacional*. Génova. 276 pp.