

23 Do. 20

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS  
COLEGIO DE GEOGRAFIA

ALGUNOS ASPECTOS DEL BIOCLIMA EN ZONAS SECAS  
DEL NOROESTE DE MEXICO



FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS  
COLEGIO DE GEOGRAFIA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE LICENCIADO EN GEOGRAFIA

PRESENTA

ADRIANA DE LOS ANGELES MARQUEZ DE LA MORA MANCILLA

MEXICO, D.F.

1984



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## I N D I C E

INTRODUCCION	1
ANTECEDENTES	5
LOS DATOS	7
OBJETIVOS	11
I ASPECTOS FISICOS DE LA ZONA DE ESTUDIO	
1.1 Localización	13
1.2 Fisiografía	13
1.3 Hidrología	14
1.4 Suelos	17
1.5 Vegetación	18
1.6 Clima	19
II BIOCLIMA	
2.1 Conceptos Generales	23
2.2 Factores Bioclimáticos	23
2.2.1 Radiación	24
2.2.2 Temperatura	37
2.2.3 Humedad	40
2.2.4 Ventilación	43
III CONFORT HUMANO	
3.1 Consideraciones Generales	51
3.2 Definición	51
3.3 Procesos Térmicos y Factores Bioclimáticos	53

#### IV ARQUITECTURA Y BIOCLIMA

4.1	Biometeorología Urbana	59
4.2	Macroclima y Microclima	59
4.3	El Bioclima en Interiores	61
4.4	El Diseño Arquitectónico y el Bioclima	63
4.4.1	Insolación	65
4.4.2	Temperatura	67
4.4.3	Humedad	68
4.4.4	Ventilación	69
4.4.5	Orientación	72
4.4.6	Iluminación	72
4.4.7	Materiales de Construcción	74
4.5	Clima Artificial	76

#### V EVALUACION BIOCLIMATICA

5.1	Indices Bioclimáticos	79
5.1.1	Indice de Confort (Terjung, 1966)	83
5.1.2	Entalpia del Aire (Boher, 1964)	83
5.1.3	Humedad Relativa (Dreyfus, 1960)	84
5.1.4	Temperatura del Bulbo Húmedo (Brooks, 1952)	84
5.1.5	Indice de Incomodidad (Sohar et al., 1978)	85
5.1.6	Indice de Incomodidad (Tennenbaum, 1961)	86
5.1.7	Voto Medio Predecido (Fanger, 1970)	86
5.1.8	Tablas de Mahoney	86

5.2	Resultados	88
5.2.1	Ensenada, B.C.N.	89
5.2.2	La Paz, B.C.S.	111
5.2.3	Hermosillo, Son.	137
5.2.4	Guaymas, Son.	163
5.2.5	Cd. Obregón, Son.	187
5.2.6	Culiacán, Sin.	211
VI	CONCLUSIONES	243
	BIBLIOGRAFIA	247

## INTRODUCCION

La evolución de los seres vivos no puede concebirse de manera aislada, y uno de los principales componentes del entorno geográfico que condicionan su vida es el clima.

El efecto del clima en el ser humano constituye un factor de considerable importancia ya que condiciones climáticas adversas provocan tensión en el cuerpo y en la mente, y esto se traduce en incomodidad, disminución de la eficiencia, y decaimiento en la salud.

La influencia de las condiciones climáticas en el ser humano se manifiesta de diversas formas como en la vestimenta, tipo de construcciones, rendimiento en el trabajo, estado de ánimo, salud, y forma de vida en general.

La bioclimatología permite establecer las relaciones entre el organismo y la atmósfera que lo rodea a través de la aplicación de métodos que sirven para determinar períodos de incomodidad a lo largo de diferentes lapsos como un año, un mes, o un día, y en base a ello tomar medidas relativas a la planeación de actividades en el trabajo, períodos vacacionales, diseño arquitectónico, así como diversas medidas tendientes a contrarrestar los efectos desfavorables del clima y aprovechar aquéllos favorables.

Es preciso en principio destacar algunos de los aspectos más relevantes acerca del concepto de "clima", así como algunos antecedentes en la materia, y características generales de la zona de estudio, correspondiente al Noroeste de México.

La combinación de los elementos climáticos da lugar al tiempo atmosférico, y el tiempo atmosférico promedio, es decir, el estado promedio de las condiciones atmosféricas, es lo que se denomina clima.

El clima depende de factores como la latitud, longitud, altitud, distribución de tierras y mares, relieve, entre los principales, lo que determina que en las diferentes regiones de la superficie terrestre exista un clima característico.

La climatología se circunscribe dentro del campo de la geografía, debido a que se refiere a la distribución de los climas en la superficie terrestre, y relaciona los fenómenos atmosféricos con los fenómenos físicos, biológicos y humanos que tienen lugar en ella.

La climatología trata de establecer valores medios de los diversos elementos del clima (temperatura, humedad, precipitación), con la mayor exactitud posible, mediante observaciones regulares, practicadas en lapsos de entre diez y treinta años.

Si la superficie terrestre estuviera constituida exclusivamente por un material uniforme, y el relieve fuera plano, los climas dependerían solamente de la inclinación de los rayos solares, o factores determinados por la latitud, lo que constituiría el "clima solar". En tal caso, todos los puntos ubicados sobre un mismo paralelo presentarían un clima común.

Las condiciones ideales del clima se ven modificadas entre otros factores, por el relieve, composición físico-mecánica, color, humedad, vegetación, hidrología, continentalidad, tipo de construcciones, lo que hace que la radiación solar no sea recibida ni absorbida uniformemente.

En cuanto a la zona de estudio, el Noroeste de México ocupa, de acuerdo a la división considerada por Bassols (1972), una superficie de 600 000 km<sup>2</sup> representando el quinto lugar de la extensión continental del país, siendo la región con mayor predominio de climas secos en la República Mexicana.

El aspecto demográfico reviste cada vez mayor importancia, ya que como señala este autor, el Noroeste de México constituye una zona de acusada concentración urbana, debido principalmente, a la actividad comercial fronteriza, turística, mecanización del campo, así como a cierto tipo de industrialización, como maquiladoras y agroindustrias, ubicadas en centros regionales y subregionales que tienden a convertirse en polos de crecimiento.

Los datos preliminares del censo de 1980 no reportan hasta el momento las tasas de crecimiento de las entidades federativas, contándose a este respecto únicamente con datos de 1970, en base a los que el Consejo Nacional de Población (1979), elaboró proyecciones de la tasa de crecimiento anual de 1970 a 1980, de las ciudades con mayor crecimiento, encontrándose entre

ellas, Hermosillo(10.0%), La Paz(6.6%), Culiacán(5.3%), y Ciudad Obregón (5.2%).

Cabe señalar que no obstante la similitud de condiciones geográficas del Noroeste de México, se presentan ciertos contrastes en algunas zonas, como entre las porciones más elevadas de la Sierra Madre Occidental y la planicie costera del Pacífico.

## ANTECEDENTES

Huntington (1942), señala que desde la época de Aristóteles han existido pensadores quienes han considerado la importancia del clima en el desarrollo de las civilizaciones.

Los griegos y los romanos no tomaban decisiones políticas importantes, sino hasta haber consultado a los "dioses del tiempo". Los antiguos médicos conocían a fondo los efectos de las condiciones atmosféricas en la salud, reuniéndose sus observaciones en los trabajos de Hipócrates, quien realizó el primer tratado de meteorología, y es considerado padre de la climatología.

Landsberg (1972), cita que en uno de los escritos de Hipócrates, denominado "Los Aphorismos", se resumen los efectos de las estaciones y de los vientos en la salud. Este autor ha realizado numerosas investigaciones con la finalidad de evaluar las sensaciones causadas en el cuerpo humano por el ambiente atmosférico. Considera que dichas sensaciones pueden ser caracterizadas por parámetros físicos y sus combinaciones; dichos parámetros estando generalmente representados por los elementos meteorológicos, cuya acción combinada provoca una reacción del organismo a su ambiente. Establece asimismo, que uno de los problemas al evaluar los factores fisiológicos involucrados en las reacciones del ser humano en relación a los cambios ambientales, consiste en que la mayoría de los datos de diversos experimentos llevados a cabo, se han concentrado en hombres jóvenes saludables, bajo condiciones de laboratorio, por lo que resultan alejados de la realidad. Plantea además, que existe escaso conocimiento acerca de la evaluación de las reacciones subjetivas, comparadas con las mediciones objetivas en el cuerpo humano.

La mayoría de los estudios fisiológicos se ha enfocado al análisis del ambiente térmico, por lo que se tienen en la mayoría de los casos sólo aproximaciones empíricas.

Huntington (1942) opina, tomando como base el hecho de que bajo ciertas condiciones climáticas los europeos realizan el máximo de trabajo y gozan de buena salud, que el principio de la óptima climática es aplicable al

ser humano, de igual manera que a las plantas y animales. De acuerdo con este principio, cada especie posee óptimas condiciones de salud y es más activa bajo ciertas condiciones definidas de temperatura, humedad, movimiento del aire, radiación solar, o combinaciones de ellas. Cualquiera variación de estas "condiciones óptimas" -señala- conduce a una disminución o alteración en las diversas actividades, repercutiendo en la eficiencia. Así por ejemplo, según estudios realizados por este autor, un grado relativamente alto de tormentosidad y una duración relativamente larga de la estación de tormentas ciclónicas, han caracterizado aparentemente los lugares donde la civilización ha alcanzado altos niveles de desarrollo. Sostiene asimismo que la manera más viable para determinar los efectos del clima sobre el ser humano en diferentes lugares sería tomando un grupo de personas que vivieran en climas distintos y experimentar con ellas en todas las estaciones del año, midiendo sus actividades diarias.

Lehmann y Pedersen, según cita Pagny(1973), efectuaron una serie de mediciones cuyos resultados se publicaron bajo el título de "Das Wetter und Unsere Arbeit", (El Tiempo y Nuestro Trabajo).

Entre otros autores de reconocido prestigio en diferentes países, que han abundado en estudios bioclimáticos, figuran S.W. Tromp (Holanda); B.Givoni y E.Sohar (Israel); Gregorczyk (Polonia); y Terjung (EE.UU.).

En México los principales trabajos e investigaciones en el campo de la bioclimatología, se han llevado a cabo por el Dr. Ernesto Jáuregui Ostos\* y otros autores, habiendo estudiado profusamente la zona en cuestión, aportando interesantes resultados, publicados en trabajos que han servido de apoyo al presente estudio.

\*Investigador del Instituto de Geografía, U.N.A.M.

## LOS DATOS

La obtención de los datos necesarios para la presente evaluación, ha sido posible gracias al apoyo brindado por la Dirección General del Servicio Meteorológico Nacional, a través de la Oficina de Climatología.

El estudio que se hace del bioclima de zonas secas dentro del Noroeste de México, corresponde a seis estaciones localizadas en los estados de Baja California Norte, Baja California Sur, Sonora y Sinaloa. (Fig. 1)

Dichas estaciones son:

Ensenada, B.C.N.

La Paz, B.C.S.

Hermosillo, Son.

Guaymas, Son.

Cd. Obregón, Son.

Culiacán, Sin.

A fin de tratar de estabilizar las diferencias de sequía y humedad de un año a otro, para el análisis de un período anual, y teniendo en cuenta que los parámetros principales, aquí empleados: temperatura y humedad, son relativamente estables, se utiliza el promedio de dos años, comprendidos entre 1974 y 1976.

Para otros parámetros como la insolación y frecuencia de días despejados y con lluvia, se utilizan períodos de cinco años que abarcan de 1971 a 1979.

Debido a la heterogeneidad e irregularidad, y en muchos casos ausencia de datos, así como limitada red de estaciones en la zona, no ha sido posible establecer períodos uniformes de análisis, tanto en los años considerados como en las horas a lo largo del día en que se realizaron las observaciones. En consecuencia, se han procesado los datos y elaborado las gráficas respectivas, en función de las horas de mayor frecuencia de registros diarios, correspondiendo básicamente, a las 0, 6, 12 y 18 horas. Los datos se presentan en cifras enteras para su fácil manejo.

Los datos empleados son:

Insolación

Días despejados

Días con lluvia

Temperatura máxima

Temperatura mínima

Humedad relativa

Temperatura de bulbo húmedo

Temperatura de bulbo seco

Intensidad y dirección del viento

Se han considerado los siguientes meses como representativos de las diferentes épocas del año:

Enero (invierno)

Abril (primavera)

Julio (verano)

Octubre (otoño)

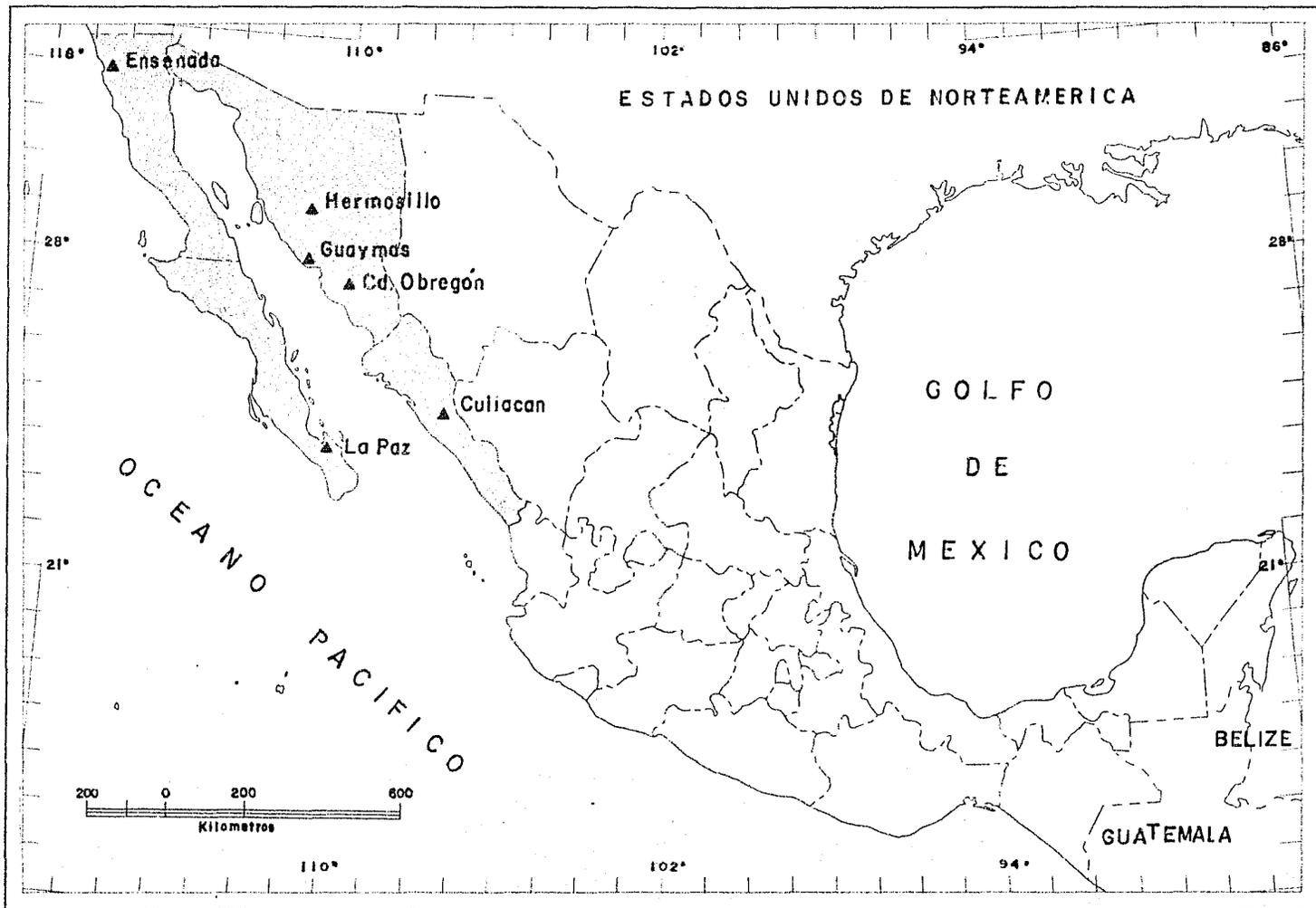


Fig. 1

## OBJETIVOS

A la luz del crecimiento demográfico del Noroeste de México, y de la vasta extensión de áreas de clima seco en dicha zona, se plantean los siguientes objetivos:

### OBJETIVO GENERAL

Evaluación bioclimática preliminar de la zona seca del Noroeste de México desde el punto de vista del confort y bienestar del ser humano.

### OBJETIVOS ESPECIFICOS

Determinación de períodos de incomodidad a lo largo del año en zonas secas del Noroeste de México, mediante la aplicación de índices bioclimáticos.

Proporcionar elementos de análisis para obtener un mejor bienestar social a través de una adecuada planeación desde el punto de vista de:

- actividades en el trabajo
- actividades turísticas
- diseño arquitectónico

## I ASPECTOS FISICOS DE LA ZONA DE ESTUDIO

### 1.1 Localización

Dentro del Noroeste de México, la zona en cuestión abarca los estados de Baja California Norte, Baja California Sur, Sonora y Sinaloa, que presentan predominio de clima seco.

Tomando en consideración la división hecha por Bassols (1972), los límites de la zona de estudio, excluyendo a Nayarit, son en el extremo norte, la línea internacional de  $32^{\circ}43'$  latitud norte, hasta los  $115^{\circ}$  de longitud oeste, continuando la línea divisoria, un pequeño tramo del río Colorado, siguiendo en dirección noroeste-sureste, una línea oblicua hasta los  $31^{\circ}20'$ . Hacia el este, el límite se inicia aproximadamente a  $108^{\circ}15'$  de longitud oeste, separando hacia el sur a Sonora de Chihuahua, a lo largo de la Sierra Madre Occidental, y posteriormente a Sinaloa de Chihuahua, y luego de Durango, hasta aproximadamente  $23^{\circ}$  de latitud norte y  $105^{\circ}25'$  de longitud oeste.

### 1.2 Fisiografía

El relieve en la zona presenta dos elementos orográficos sobresalientes, la Sierra Madre Occidental y la sierra bajacaliforniana.

En virtud de que los límites orientales de Sonora y Sinaloa fueron trazados de manera arbitraria, no siguiendo la cresta de la Sierra Madre Occidental, no se encuentran dentro de estos estados, las elevaciones más prominentes. La sierra en esta zona se caracteriza por el paralelismo con dirección norte-sur de los elementos que la forman, que en algunas porciones se aproximan al litoral.

Aproximadamente las dos terceras partes del territorio sonorense son accidentadas. En la península de Baja California, el sistema montañoso tiene alrededor de 1 400 km de longitud, con anchura promedio de 75 km.

Las alturas son cercanas a los 1000 m, observándose grandes diferencias entre el extremo norte en que se alcanzan las mayores (2 300 m), en las sierras de Juárez y San Pedro Mártir, y el sur, cuyas elevaciones tan

sólo llegan a 250 m. (Fig.2)

Al occidente de la porción continental se localiza la planicie costera de Sonora y Sinaloa, ocupada en gran parte por el Desierto de Sonora que se prolonga a Baja California con diversos nombres. De acuerdo a los datos proporcionados por Bassols(1972), el Desierto de Sonora, cuya superficie es de 66 940 km<sup>2</sup> (37% de la superficie estatal), representa el 18% de las zonas desérticas del país.

Existen también regiones semiáridas en el occidente del estado de Baja California Norte, ocupando casi todo el centro de las sierras.

En Sinaloa, principalmente hacia el sur, la cercanía de la Sierra Madre Occidental en relación a la costa, forma en sus estribaciones, una faja de lomeríos y pequeños valles. Hacia el noroeste del estado, los valles y llanuras se amplían.

### 1.3 Hidrología

Los cuerpos fluviales en la zona, se originan más allá de los límites regionales del Noroeste del país, descendiendo hacia la planicie costera de Sonora, Sinaloa y Nayarit. En el occidente de Sonora los ríos son aislados, y por lo general no llegan al mar.

Las sierras de Juárez, San Pedro Mártir, y San Lázaro tienen un importante papel en la formación de las corrientes principales en Baja California, ya que en ellas se concentra una gran cantidad de lluvia.

Bassols(1972), indica que el escurrimiento virgen en el Noroeste, constituye el 11.5% del total en la República Mexicana, alcanzando aproximadamente 43 000 000 m<sup>3</sup> anuales, y comprendiendo el área de cuencas de esta región, 550 000 km<sup>2</sup> que representan el 28% respecto al total nacional.

Entre las cuencas principales destacan las del Colorado, Yaqui, Mayo, Fuerte, Sinaloa, Culiacán y San Lorenzo.

Los recursos hidrológicos de la zona son útiles para el riego, producción de energía hidroeléctrica, así como para transporte.

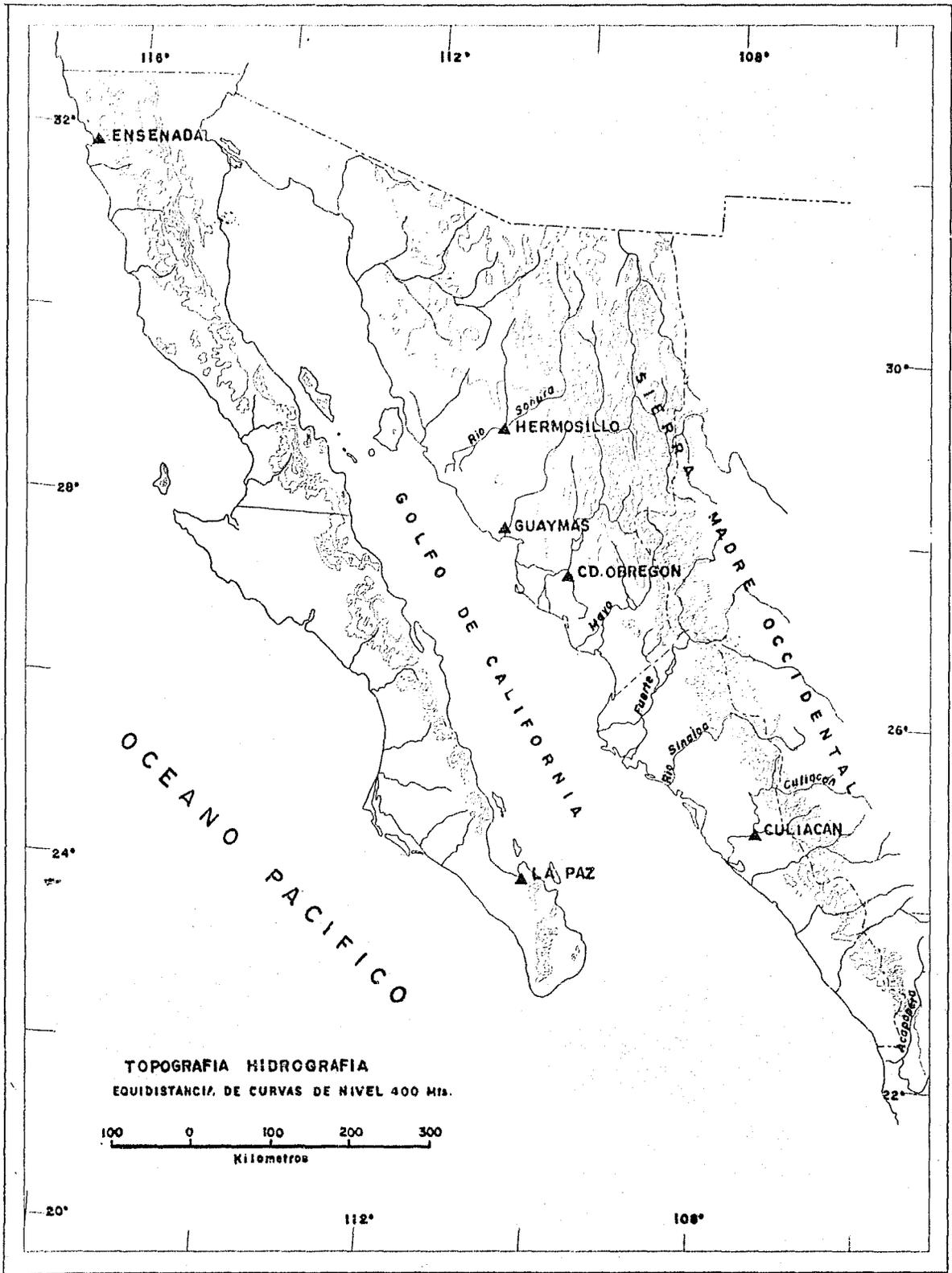


Fig 2

mático. Estas manifestaciones se encuentran entre las longitudes de onda de 3800 Angstroms (1) y los 7300 que va del ultravioleta al rojo. El violeta responde a la longitud de onda más corta y el rojo a la más amplia del espectro.

Tipografía. La tipografía o rotulación de las cartas geográficas o mapas no forman parte de la representación de la superficie del terreno, pero si, un elemento que nos sirve para describir con facilidad los detalles representados. Ya que se debe considerar que los símbolos en ciertas ocasiones se omiten para ser reemplazados por rótulos. En los mapas modernos se observa la tendencia a reducir el número de rótulos, aumentando la representación de accidentes y detalles naturales.

La rotulación en Cartografía constituye un elemento complementario, que debe expresar por su estilo, la naturaleza de su tamaño e importancia, así como por su ubicación, posición y espaciamiento, la expresión del detalle y características de los lugares representados.

Escala. Otro elemento importante en la comunicación cartográfica, debido a que nos indica las veces que se reduce la superficie terrestre en un mapa. La escala es la relación que existe entre las dimensiones reales de un lugar determinado de la superficie terrestre y aquellas con las que se representa en una carta geográfica o mapa. Se indica por medio de una relación numérica:  $1/2\ 000\ 000$  o  $1: 2\ 000\ 000$ , donde el número 1 es la realidad en el mapa y los 2 000 000 son las veces que se ha de reducir dicha realidad. En otras palabras un centímetro en el mapa corresponde a 2 000 000 de centímetros; es decir,  $1\text{ cm} = 20\text{ Km}$  en la realidad, de ahí que podemos decir, que entre más grande sea el denominador más chica será la escala.

Proyección. La proyección es el elemento que comunica distorsión o -

(1) Angstroms, es la diez millonésima parte de un milímetro ( $10^{-7}$ )

Revisten asimismo importancia regional, los mantos acuíferos de Baja California Norte, y del Desierto de Sonora, que favorecen la existencia de áreas de riego (Santo Domingo, Los Planes, Vizcaíno).

Las aguas de los ríos del Noroeste, principalmente los de Sonora y Sinaloa, han sido aprovechadas con éxito, gracias a las numerosas obras de riego que han convertido a la región en un emporio agrícola, figurando entre algunos de los principales productos, el algodón, trigo y tomate.

La zona ha sido objeto de planes como el Plan Hidráulico del Noroeste, consistente en la regulación de los escurrimientos de los ríos, a través de presas de almacenamiento y derivadoras, así como canales, con la finalidad de conducir hacia esta zona, los volúmenes de agua excedentes de los ríos del sur del país.

#### 1.4 Suelos

Los suelos de la zona reflejan claramente las características climáticas de la misma. Se observa cierta uniformidad en los tipos de suelos, ya que en su mayoría corresponden al grupo de aridisoles, propios de regiones áridas, poco intemperizados, de naturaleza salina o alcalina, y que ocupan la mayor parte de los estados en cuestión, a lo largo de la península de Baja California, casi todo el estado de Sonora, a excepción de manchones en el norte y este, y en la porción occidental de Sinaloa. Entre ellos se cuentan los sierozem, presentes en las cuatro entidades federativas; solonetz en Sinaloa; desérticos grises y rojos en Baja California Norte, Baja California Sur y Sonora. En ocasiones estos últimos son de color café, con poca cantidad de materia orgánica.

Los suelos propiamente desérticos se limitan fundamentalmente a las regiones de Altar y Sebastián Vizcaíno, siendo los más pobres en el Noroeste.

En segundo lugar por superficie ocupada, se presentan suelos derivados de cenizas volcánicas y de ando, localizados a lo largo de las sierras de Juárez y San Pedro Mártir, al noroeste de Baja California Sur, en la porción oriental de Sinaloa, y Sonora, al norte y este.

En lo alto de las sierras de la península de Baja California, se encuentran litosoles y regosoles con vegetación raquítica y perfiles prácticamente inexistentes; los suelos aluviales se localizan en las franjas costeras.

Otros suelos, localizados al este de Sinaloa, son aluviales hidromórficos, propios de zonas tropicales; vertisoles cubiertos de matorrales y selva baja, y rendzina, localizados estos últimos también al este de Sonora.

La planicie entre el litoral y las estribaciones de la Sierra Madre Occidental, desde el centro de Sinaloa al sur y centro de Sonora, acusa presencia de suelos castaños (chestnut) con mínimo porcentaje de materia orgánica.

### 1.5 Vegetación

En términos generales puede considerarse que en el Noroeste de México se presentan cuatro tipos de vegetación ligados íntimamente a las condiciones climáticas imperantes, predominando la flora de tipo desértico en la mayor parte de la región, correspondiendo a las zonas desérticas y semidesérticas de la península de Baja California, la mayor parte de Sonora y norte de Sinaloa, acusando presencia de diversas especies de gran utilidad en la industria, tales como el cardón, huizache, ijoba, maquev, nitahava y viznaga.

El matorral espinoso se localiza a lo largo de la parte central de la península y en la porción central de Sonora.

Existe matorral desértico en los lugares más secos a lo largo de Baja California, a excepción del noroeste de la península, franja occidental de Sonora, así como en pequeñas regiones del noroeste de Sinaloa.

La vegetación propia de los bordes menos secos de las zonas áridas, a menudo matorral subserme, representado por matorral espinoso con plantas carnosas y pastizales, se encuentra hacia el este de Sonora, norte, noroeste, y una parte del oeste de Sinaloa.

El Noroeste del país cuenta con 2 000 000 de hectáreas arboladas, localizadas en las partes altas de las sierras y hacia el este y sur de Sinaloa.

Los bosques mixtos de pino-encino, característicos de áreas montañosas de clima templado subhúmedo, se localizan en manchones en las sierras de Juárez, San Pedro Mártir y San Lázaro, así como en porciones al norte y este de Sonora, y noreste de Sinaloa.

En la mayor parte del territorio de Sinaloa, principalmente hacia el este y sur, se presenta selva baja caducifolia, característica de climas cálidos subhúmedos, con numerosas especies de maderas finas.

La explotación de estos bosques resulta difícil ya que por lo general se encuentran en zonas abruptas y prácticamente incomunicadas.

Entre San Quintín y Tijuana, en la zona de clima mediterráneo del noroeste de Baja California Norte, existe chaparral con encinos de corta talla.

## 1.6 Clima

El área de estudio queda comprendida dentro de la zona de climas templados, entre los 23°27' y 66°33' de latitud norte.

De acuerdo a una de las clasificaciones climáticas más empleadas, sugerida por Köppen (1936), los tipos de clima característicos de la zona, son Seco Desértico (BW), y Seco Estepario (BS), exceptuando el noroeste y el extremo sur de la península de Baja California, de igual forma que la región montañosa y sur de Sonora, así como sur de Sinaloa, en que se presentan climas caracterizados por un mayor contenido de humedad.

La clasificación climática de Köppen ha sido modificada por Enriqueta García (1973), con la finalidad de adaptarla a las condiciones particulares de México. De acuerdo a dichas modificaciones, se adicionan a los símbolos originales de la clasificación de Köppen, otros que corresponden a la temperatura media anual del mes más frío y del mes más cálido, oscilación anual de las temperaturas medias mensuales y régimen de lluvias. Esta clasificación modificada, es la que se ha empleado en el presente trabajo. (Fig. 3)

En esta región así como en el norte del país, se registran las máximas oscilaciones de temperatura. El gradiente de las temperaturas está re -

gido en gran parte por el relieve, además de la posición latitudinal. Las más altas temperaturas se presentan durante el verano, y la precipitación es reducida y esporádica. (Jáuregui, 1980)

De acuerdo a Bassols (1972), el clima de la zona es muy cálido, con media anual superior a 18°C, no obstante que en el norte de Baja California Norte, norte, este y oeste de Sonora, se lleguen a registrar fríos intensos durante el invierno. Dicho autor considera asimismo, que para las zonas intermedias, hasta los macizos de la Sierra Madre Occidental y norte de Sinaloa, el clima es de igual manera seco, pero en menor medida que en otros lugares. Señala que en la porción sur de Baja California Norte, el clima es estepario, presentando temperaturas menos elevadas, y mayor humedad que en la parte media y noreste de la península. Las lluvias se concentran en el verano, y la evaporación es superior a la precipitación. Los climas subhúmedos se localizan en el extremo sureste de Sonora, y en la mayor parte del este de Sinaloa, hasta el litoral cerca de Mazatlán, presentándose las lluvias en esta zona también en el verano, alcanzando valores superiores a 800 mm.

En las porciones más elevadas de la Sierra Madre Occidental el clima es templado lluvioso con lluvias todo el año o en verano, y en las sierras de Juárez y San Pedro Mártir las lluvias predominantes son de invierno. En el noroeste de Baja California Norte, hasta el sur del valle de San Quintín, el clima es de tipo mediterráneo, con lluvias en invierno y verano seco. (Bassols, 1972)

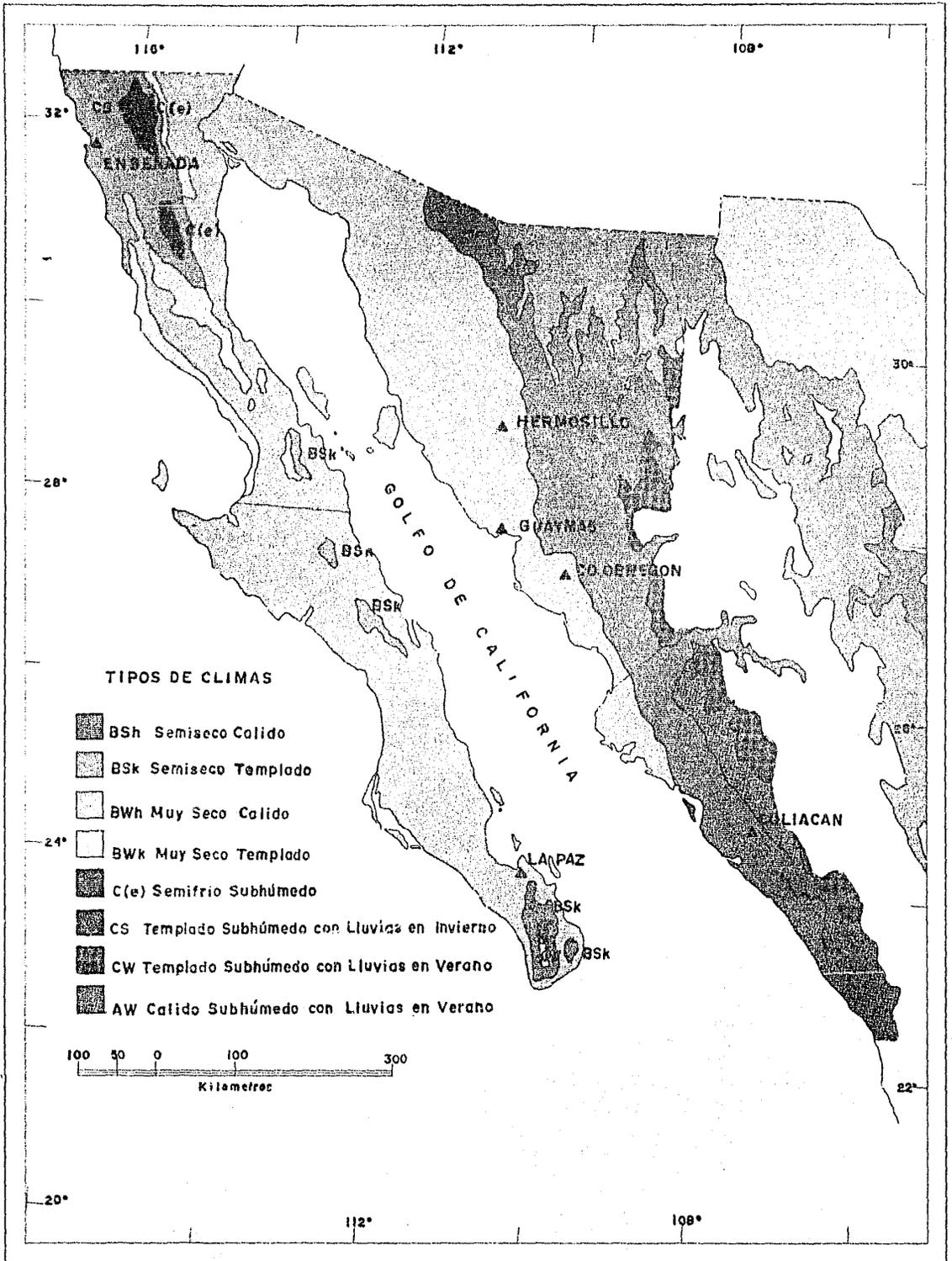


Fig. 3

## II BIOCLIMA

### 2.1 Conceptos Generales

El bioclima constituye el estudio de las condiciones promedio del tiempo atmosférico en relación a los seres vivos en un lugar determinado de la superficie terrestre, y queda englobado dentro del campo de la biometeorología, que de acuerdo a una definición aceptada por la International Society of Biometeorology (ISB) en 1969, es "el estudio de los efectos biológicos del tiempo y el clima en los organismos vivos (plantas, animales, ser humano), y de su ambiente físico-químico." (Tromp,1974)

Las ciencias biometeorológicas se dividen en seis grupos; fitológica, zoológica, cósmica, espacial, paleobiometeorología, y humana; esta última, que estudia en particular la influencia del tiempo y el clima en el ser humano, se divide a su vez en: fisiológica, social, patológica, urbana y náutica.

La bioclimatología, que se encarga del estudio del bioclima, de acuerdo al Congreso de Biometeorología efectuado en 1960, constituye una rama de la ecología, que estudia las interrelaciones entre los factores físicos y químicos del medio atmosférico y los organismos vivos. (Soto y Jáurequi,1968)

Al hablar del clima como el conjunto de todas las condiciones meteorológicas en un lugar determinado por un intervalo de tiempo considerable, se obtienen cifras estadísticas, de las que el valor medio constituye la estadística más comúnmente empleada, mientras que en bioclimatología, la acción simultánea de cuatro parámetros principales: radiación, temperatura, humedad y velocidad del viento, es el aspecto principal, y los valores medios de estos elementos, no necesariamente representan la ocurrencia más común o frecuente presentada en un determinado período. (Landsberg,1972)

### 2.2 Factores Bioclimáticos

La sensación de bienestar o de comodidad respecto a un ambiente climático determinado depende de ciertos factores a los que se denomina bioclimáticos. Estos factores se consideran en principio para ambientes climáticos exteriores, observándose algunas variantes si se desea evaluar ambien -

tes interiores, como en el caso de la radiación, en que se toma en cuenta aquella emitida por pisos, techos, muros y ventanas,

Las respuestas del ser humano no se presentan por lo general ante un factor aislado, sino más bien ante la acción combinada de los mismos; así por ejemplo, en el caso de la temperatura del aire, su acción se ve modificada por el viento, la humedad, radiación y precipitación.

A continuación se citan los principales factores bioclimáticos, así como las características generales de su comportamiento.

### 2.2.1 Radiación

Parte de la energía emitida por el sol llega a la Tierra directamente, y parte en forma de radiación difusa, originada en la atmósfera como resultado de procesos de dispersión. La suma de ambos tipos de radiación incidente en un plano horizontal constituye la radiación global, (Tromp, 1963)

Las cantidades de esta energía que llegan a la superficie terrestre, así como la distribución de energía en su espectro, depende de las condiciones cósmicas y atmosféricas, y la elevación por encima del nivel del mar.

La radiación solar o energía emitida por el sol, como fuente de casi todos los fenómenos meteorológicos y de sus variaciones en el tiempo, constituye el principal elemento del clima y asimismo, factor bioclimático.

Opina Tromp (1963), que el interés de la bioclimatología en el espectro solar, está generalmente enfocado a las longitudes de onda que llegan a la superficie terrestre en cantidades apreciables y que afectan a los seres vivos.

La radiación solar es un proceso físico por el cual se transmite energía en forma de ondas electromagnéticas en línea recta, y a una velocidad de 300 000 km/seg. Los rayos que la forman tienen diferente longitud de onda. Estos rayos son ultravioleta, cuya longitud de onda es inferior a 0,36 micrones\* y no son visibles; luminosos, de longitud de onda entre 0,36 y 0,76 micrones, son los únicos visibles y corresponden al violeta y al rojo respectivamente; térmicos o caloríficos, invisibles, siendo su longitud de

\* 1 mm=1000 micrones

onda mayor a 0.76 micrones. (Lorente, 1961)

En relación al valor calorífico, tanto las ondas químicas, luminosas y térmicas, al ser recibidas sobre una superficie ennegrecida con negro de humo, son transformadas casi por completo en calor.

La intensidad calorífica de la radiación solar medida en el límite superior de la atmósfera, es generalmente constante a lo largo del tiempo.

Para un centímetro cuadrado expuesto perpendicularmente a los rayos solares en el límite superior de la atmósfera, su valor es de dos calorías\* por minuto aproximadamente, lo que constituye la "constante solar".

Debido a que la atmósfera actúa sobre la radiación solar produciendo los fenómenos de absorción, reflexión y dispersión, no toda la cantidad que se recibe en el límite superior de la atmósfera llega a la superficie terrestre.

La radiación solar al atravesar la atmósfera experimenta una absorción selectiva en la que las radiaciones de longitud de onda muy corta (rayos ultravioleta), son casi por completo absorbidos por el ozono ( $O_3$ ) y oxígeno molecular ( $O_2$ ), presentes en la atmósfera. La absorción es el proceso mediante el que un flujo de radiación penetra en un cuerpo y se transforma en energía térmica, aumentando la temperatura del mismo. La atmósfera absorbe en forma variable las radiaciones de longitud de onda muy larga o radiaciones térmicas, de acuerdo a su contenido de vapor de agua y anhídrido carbónico. Las radiaciones luminosas de longitud de onda entre 0.36 y 0.76 micrones (rojo, anaranjado y amarillo), atraviesan fácilmente la atmósfera. Así, la atmósfera al absorber dichas radiaciones aumenta su temperatura e irradia calor hacia el espacio interplanetario y hacia la Tierra, con lo que se atenúa su enfriamiento, especialmente por las noches. (Lorente, 1961)

La reflexión se verifica cuando al incidir una radiación sobre un cuerpo es desviada o devuelta sin modificar sus características. Una parte de la radiación solar es reflejada por la atmósfera a través de sus componentes como gases y partículas sólidas, y otra llega a la superficie, donde es absorbida o reflejada en distintos porcentajes, de acuerdo a las distintas su-

\* Una caloría es la cantidad de calor necesaria para elevar un grado centígrado la temperatura de un gramo de agua, de 14.5°C a 15.5°C

perficies sobre las que incide.

En cuanto a la dispersión, constituye un fenómeno similar a la reflexión, a diferencia de que la radiación modifica sus características al ser desviada. La radiación solar es dispersada en la alta atmósfera por las moléculas de los gases del aire y por el polvo atmosférico. Los rayos luminosos de onda corta (violeta y azul), son más fácilmente dispersados, proporcionando así al cielo el color azul. Los demás rayos luminosos (rojo, anaranjado y amarillo), dado que casi no son dispersados llegan directamente a la superficie de la Tierra.

La reflexión y dispersión de los rayos solares dan como resultado la radiación solar difusa, a la que corresponden las primeras luces antes de la salida del sol; ello permite que el paso del día a la noche y viceversa sea en forma paulatina.

En función de la latitud, a medida que aumenta la distancia de un lugar respecto al ecuador, los rayos solares llegan más inclinados y la cantidad de calor recibida al año por centímetro cuadrado de suelo horizontal disminuye, estando esta variación relacionada con la época del año debido a que su inclinación varía. Así, debido a que el eje de rotación de la Tierra forma un ángulo de  $23^{\circ}27'$  con la perpendicular trazada por su centro a la órbita terrestre, y a que al desplazarse la Tierra, su eje se traslada paralelo a sí mismo, ocurre que la cantidad de calor solar recibida diariamente disminuye desde el ecuador a los polos en otoño, invierno y primavera. En verano es a la inversa; la cantidad de calor aumenta desde el ecuador a los polos, incrementándose la duración del día con la latitud; a mayor latitud, mayor es la variación de las cantidades recibidas en el curso del año.

Se han realizado para México (Jáuregui, 1978), investigaciones en las que se ha determinado de manera preliminar, la distribución de la radiación global, habiendo estudiado asimismo, la radiación neta, que es la diferencia entre los flujos de radiación hacia abajo y hacia arriba, incluyendo tanto la radiación de onda corta como la de onda larga, y que representa la energía disponible para el calentamiento de la superficie del

suelo, así como para la capa de aire cercana al mismo.

De acuerdo a esta investigación, se observa en los mapas elaborados como resultado de la misma, que durante la época de secas (invierno), predominan en México cielos despejados como consecuencia del flujo divergente de la corriente de los vientos del oeste -según cita el autor- con lo que la radiación global experimenta un aumento que se verifica de las costas del Golfo de México hacia el interior y hacia el sur del país. (Fig. 4)

En el Noroeste, la radiación desciende en relación a otros lugares situados hacia el sur, no obstante la gran cantidad de cielos despejados, por efecto de una mayor latitud.

Durante la estación húmeda, la distribución de la radiación global en el país es similar a la de invierno, a pesar del aumento en la nubosidad; se observa un máximo de radiación en la porción central del altiplano y en el Noroeste, en virtud de que se producen como consecuencia de la baja barométrica superficial producto del calentamiento del continente, movimientos de aire descendentes en la tropósfera media, los cuales no favorecen la condensación, aunado esto, a la mayor duración de los días en esta época de verano, alcanzándose los valores más altos de radiación en Sonora y Baja California (Jáuregui, 1978), lo cual puede apreciarse en la figura 5.

En la figura 6 se observa la distribución de la radiación neta en la época de secas. En la estación lluviosa, según los resultados de la citada investigación, se registran en el Noroeste de México los más altos valores, disminuyendo la probabilidad de ocurrencia de precipitaciones en esa zona por efecto del anticiclón térmico que no favorece la formación de nubes. (Fig. 7)

Insistiendo en la importancia de la radiación como factor bioclimático, ésta ejerce una influencia determinante en la sensación de bienestar en el ser humano, independientemente de sus efectos directos sobre la piel como el bronceado, quemaduras, y en muchos casos cáncer.

En las zonas áridas y semiáridas como las de la zona de estudio, la radiación solar se intensifica durante el verano, produciendo una sensa -

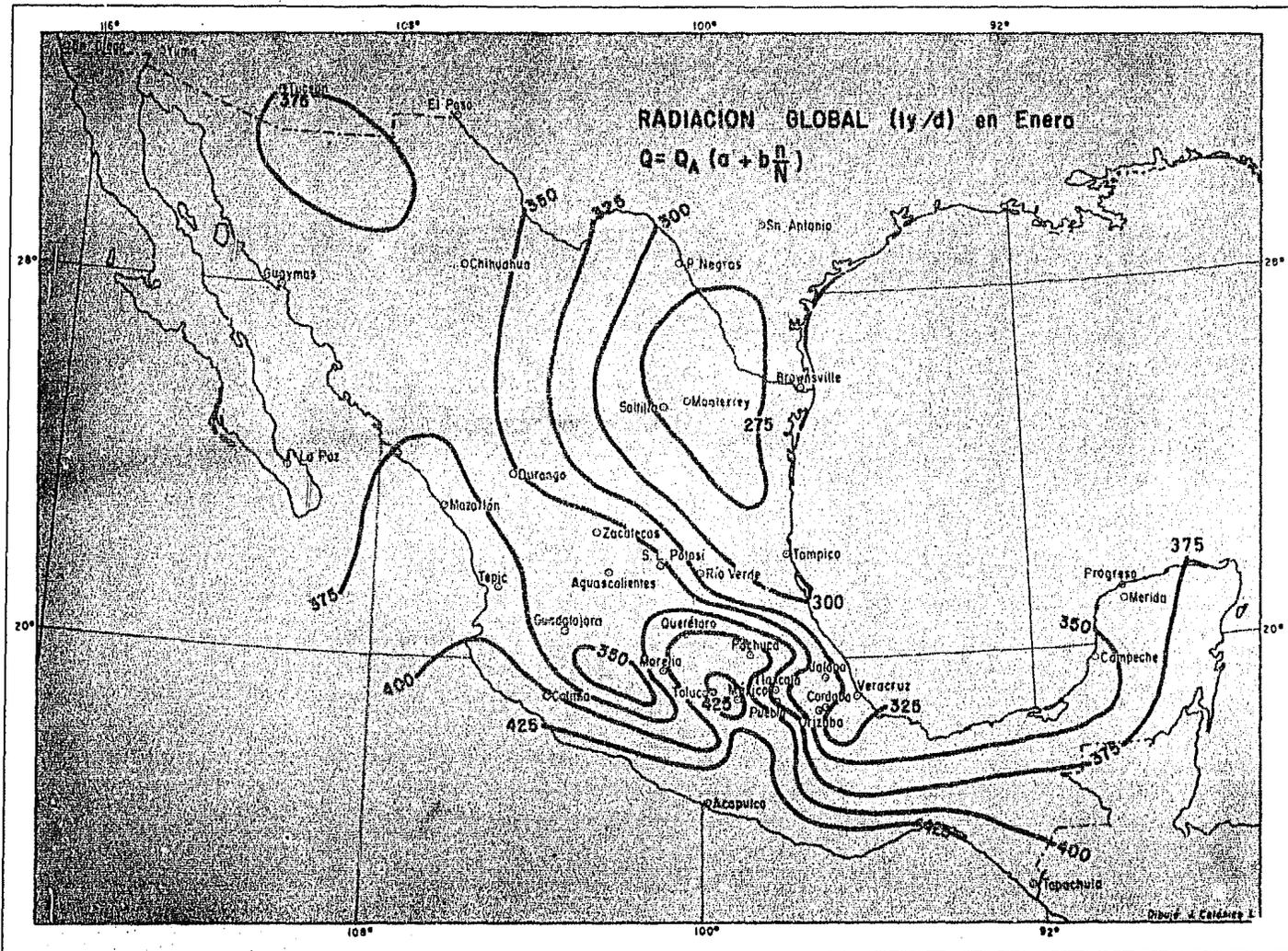


Fig 4

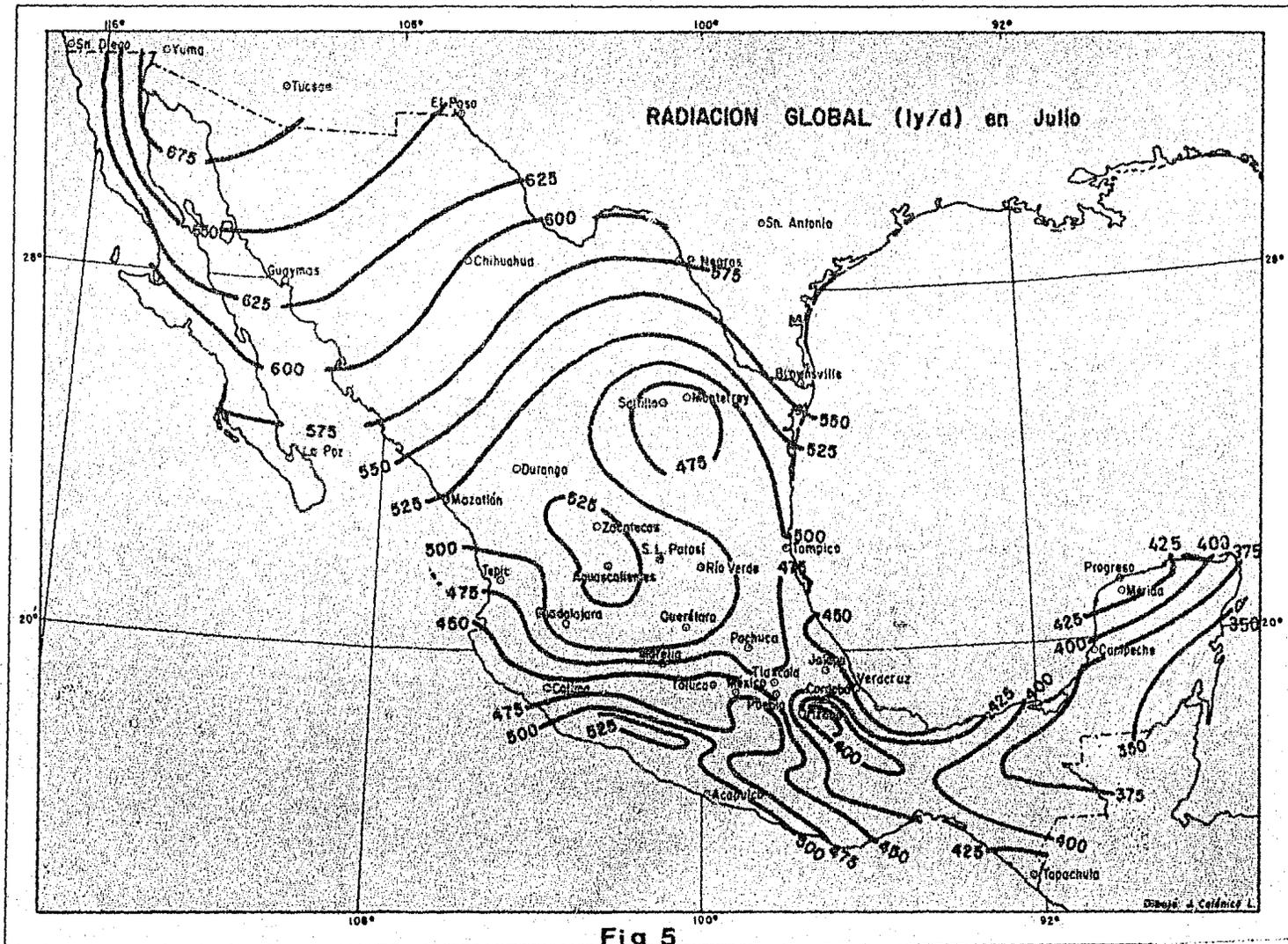


Fig 5

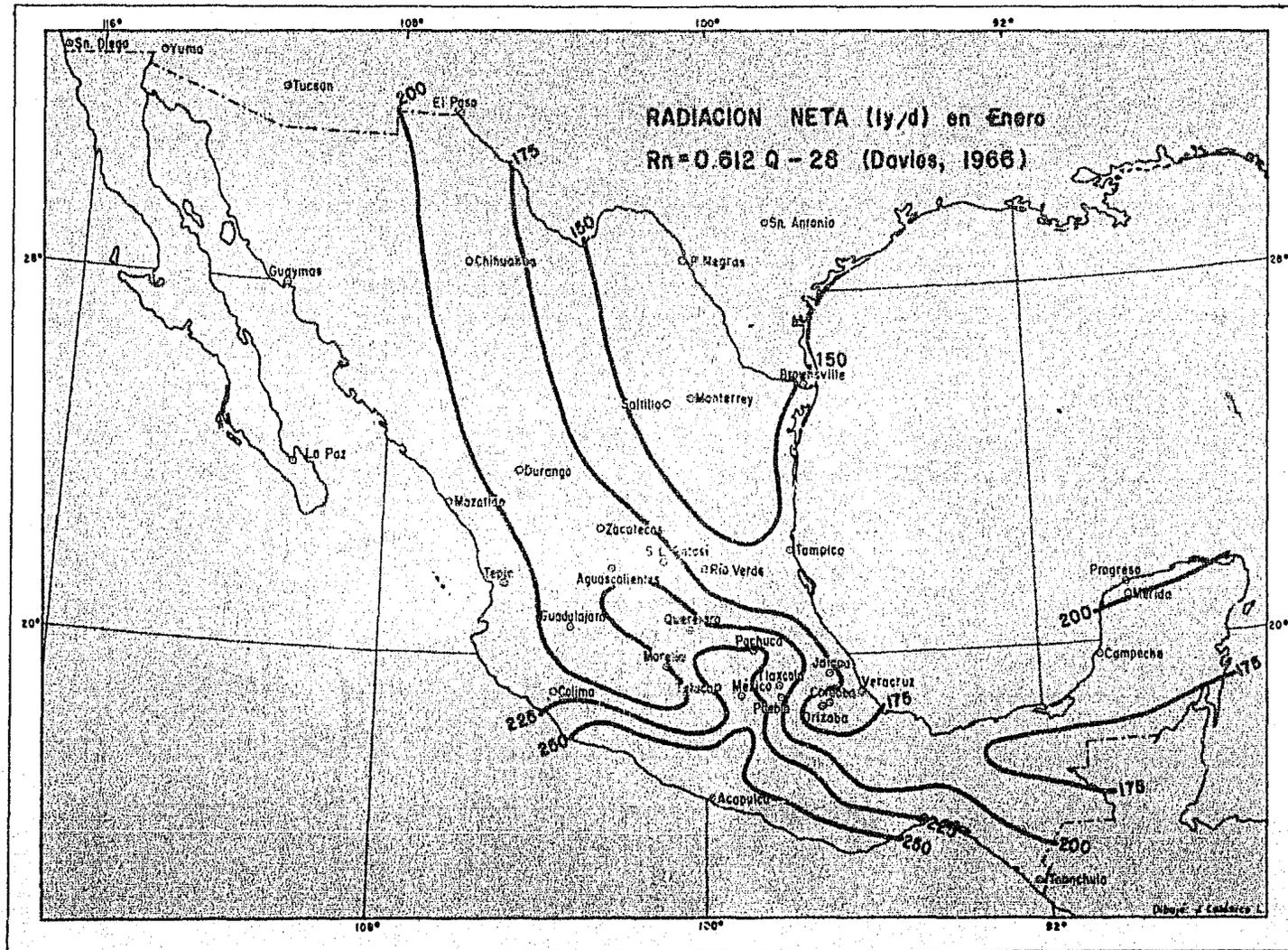


FIG 6

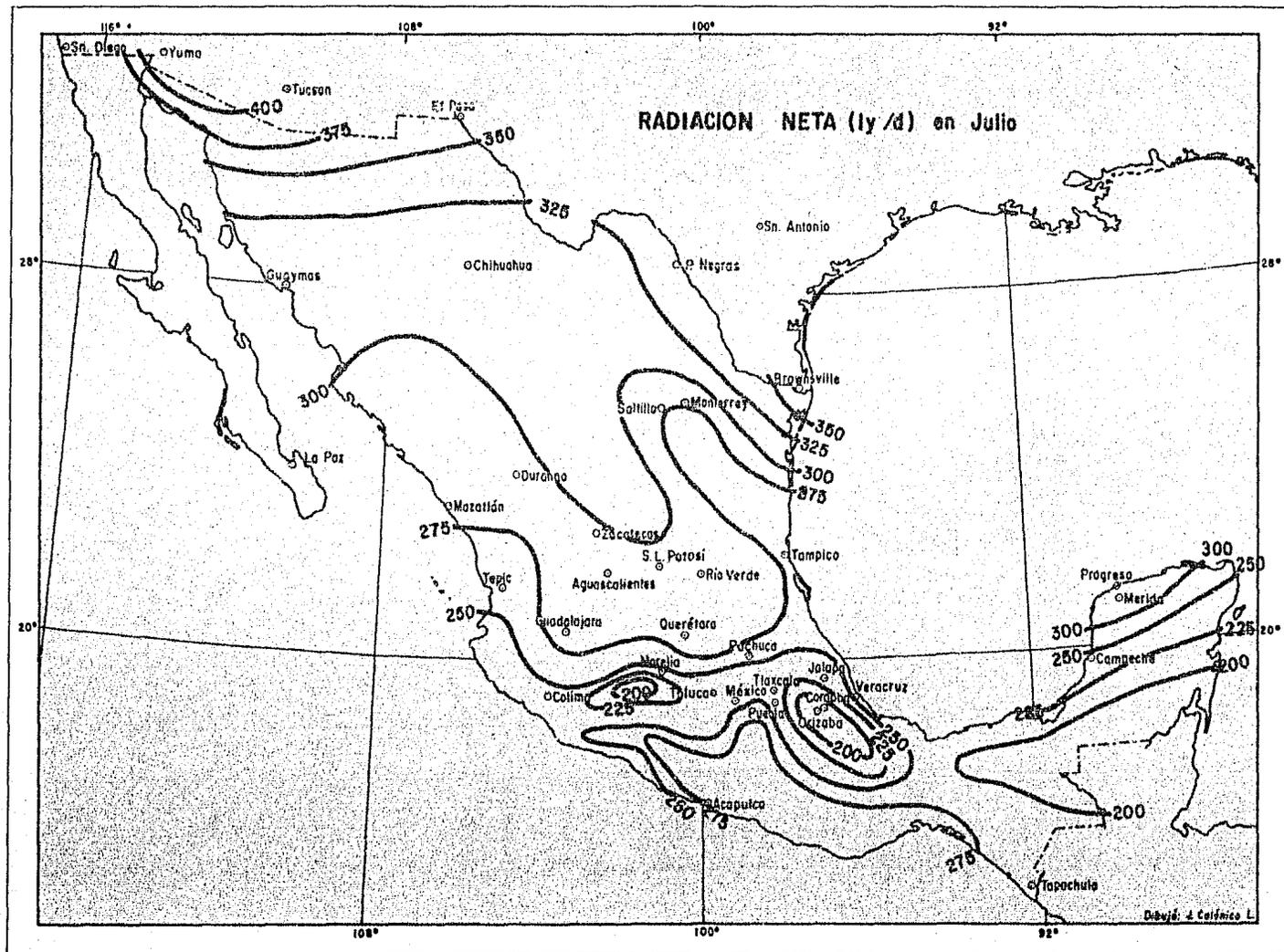


Fig 7

ción de incomodidad en el ser humano, como consecuencia de las elevadas temperaturas, lo que se ve atenuado por el bajo contenido de humedad que facilita la evapotranspiración.

La nubosidad juega un papel importante ya que en función de ella, la radiación que llega a las nubes es absorbida o reflejada, determinando una mayor o menor insolación de acuerdo al porcentaje de nubes. Se tienen así, días despejados, con una nubosidad promedio entre 0% y 20%; días nublados, entre 80% y 100%, y días con precipitación ya sea o no apreciable. (Gregor - czuk, 1968)

De acuerdo a Soto y Jáuregui (1968), no obstante que la nubosidad no alcanza valores importantes en el Noroeste, en el período de junio a septiembre se aprecia un aumento del porcentaje de nubes, a excepción del extremo norte de la península de Baja California.

### 2.2.2 Temperatura

La temperatura es un concepto físico relacionado con la medición del calentamiento de los cuerpos y las diferencias entre la energía térmica de los mismos. (Thomp, 1963)

La temperatura constituye básicamente, de acuerdo a Griffiths (1976), una manifestación de la radiación solar, ya que a través de ésta, la Tierra recibe del sol la mayor parte de su energía.

La temperatura del aire está relacionada no sólo con la radiación solar, sino con la terrestre, así como con las características físicas de las superficies radiadas y radiantes.

En cualquier punto cercano al suelo, la temperatura del aire depende de la cantidad de calor ganado o perdido en la superficie de la Tierra, y cualesquier otras superficies con las que el aire haya estado en contacto, (Koenigsberger et al.)

Soto y Jáuregui destacan (1968), la importancia de la temperatura como factor bioclimático, puesto que constituye el indicador más usual para evaluar el nivel de incomodidad, de acuerdo a dichos autores.

La temperatura constituye uno de los factores bioclimáticos más importantes en relación a la salud, influyendo en el desarrollo de las enfermedades de las vías respiratorias, producidas debido a que los cambios bruscos de temperatura y en particular las temperaturas bajas, disminuyen la resistencia local de las mucosas respiratorias, o el poder de movilización de los anticuerpos en la sangre. (Hernán, 1979)

Los efectos negativos de las temperaturas extremas se advierten principalmente en individuos cuyo mecanismo termorregulador es débil. (Hernán, 1979)

La temperatura ambiente, además de su influencia patológica, tiene importancia desde el punto de vista del comportamiento de los homeotermos. Se observa también que las variaciones de la temperatura ambiente influyen en la evaporación cutánea, más ligada al valor de la temperatura seca que al grado higrométrico, de acuerdo a Missenard (1955) .

Tromp (1963), señala que en los estudios de física y meteorología se toma en cuenta la temperatura que podría llamarse física, mientras que en los biológicos, es la temperatura biometeorológica la que interesa. Asimismo menciona, que los conceptos físicos de temperatura se refieren básicamente a la transferencia de calor mediante los mecanismos físicos de conducción (flujo de energía térmica a través de una sustancia desigualmente calentada, de lugares de más alta temperatura, a otros de más baja, y constituye el proceso principal de la transferencia de calor en sólidos); convección (proceso de transferencia de calor en líquidos o gases debido al flujo de corrientes que se llevan el calor); radiación (forma de transferencia electromagnética de energía de un cuerpo a otro sin calentar sensiblemente el espacio intermedio); evaporación (paso de líquido a gas). Este último proceso es importante desde el punto de vista de la bioclimatología, ya que la evaporación de un líquido a una superficie sólida requiere energía, la cual es tomada de la superficie del sólido, causando un efecto de enfriamiento.

En los estudios biológicos no es suficiente caracterizar al ambiente térmico sólo en términos de la temperatura promedio del aire, determinada por la temperatura y la humedad, sino que se requiere según Tromp (1963), de los llamados índices de temperatura desde el punto de vista biometeorológico, a raíz de lo cual se han desarrollado diferentes conceptos de temperatura.

Entre los conceptos de temperatura desde el punto de vista biometeorológico, figuran los siguientes.

#### Temperatura Efectiva

Se define como la temperatura del aire en calma, saturado con vapor de agua, en la cual los individuos experimentan una sensación equivalente de calor. En esta temperatura debe tomarse en cuenta la velocidad del aire, además de su temperatura y humedad. Este concepto fue introducido en 1923 por Houghton et al. (Tromp, 1963)

La temperatura efectiva puede ser definida también como una sensación en la cual, para una temperatura y humedad del aire dadas, el estado de confort es igual al experimentado para un ambiente a una temperatura inferior con vapor de agua saturado, por ejemplo, cuando las temperaturas del bulbo seco y húmedo son iguales, y el aire está en calma. Es decir, una temperatura efectiva de 20°C es atribuida al aire de un cuarto, si el aire ambiente propicia la misma sensación que el aire a 20°C y 100% de humedad relativa. En la mayoría de los casos esto representaría una temperatura de 22.5°C y 50% de humedad relativa, o 25°C y 10% de humedad relativa. (Landsberg, 1972)

#### Temperatura Equivalente

Este concepto de temperatura, incluye el efecto del calor radiante, no tomado en cuenta en la temperatura efectiva, y fue propuesto por Dufton en 1929.

#### Temperatura Resultante

Missenard en 1935, estableció este concepto. Dicho autor habla de una temperatura seca resultante, y desarrolló en 1933 y 1944, fórmulas para una temperatura efectiva mejorada que toma en consideración la temperatura del aire, humedad, radiación y movimiento del aire. Define la temperatura resultante (1955), como "aquella de un recinto en donde el aire en reposo está saturado, y las paredes (y el suelo en particular) se encuentran a la misma temperatura que el aire." Señala asimismo, que los excesos de calor se producen no sólo cuando la temperatura es elevada, sino cuando el aire está cerca de la saturación, es decir, cuando la temperatura resultante es alta, y que en el exterior, la acción del calor excesivo es atenuada por el viento.

Missenard (1955), considera que el interés de estas nociones de equivalencia térmica radica en que aunque de origen subjetivo, la temperatura resultante tiene una repercusión fisiológica verdadera ya que a una misma temperatura resultante, las diferentes funciones fisiológicas esenciales: metabolismo, respiración, eliminación de ácido carbónico, circulación, son sensiblemente las mismas.

#### Temperatura Media Radiante

Este concepto debe tomarse en cuenta al considerar el efecto de la temperatura en el ser humano dentro de interiores. La temperatura media radiante es " la temperatura media de las superficies en un cuarto". (Tromp, 1974)

#### 2.2.3 Humedad

La humedad ambiente es otro factor bioclimático de gran importancia que influye en la sensación de comodidad y representa el contenido de vapor de agua presente en el aire.

La humedad del aire constituye un parámetro térmico puesto que influye en la pérdida de calor en el organismo mediante la evaporación, influyendo a la vez por tanto, en la sensación térmica, y de ahí su importancia desde el punto de vista biometeorológico. (Soto y Jáuregui, 1968)

Asimismo, la humedad ambiente puede tener importancia no sólo desde el punto de vista térmico; puede influir por ejemplo también, en la percepción olfativa. (Fanger y Jonassen, 1974)

La máxima cantidad de humedad que puede ser retenida por el aire está en función de la temperatura del mismo y de la cantidad real de vapor de agua presente en él; entre más alta es la temperatura, mayor cantidad de humedad puede contener el aire. El aire húmedo aumenta el efecto calórico de las temperaturas altas, mientras que el aire frío produce un efecto incrementado de la sensación de frío. (Hernán, 1979)

Cuando la humedad y la temperatura son altas, la evaporación cutánea se dificulta, y la acumulación de calor en el cuerpo puede llegar a producir

alteraciones orgánicas, una humedad elevada combinada con una temperatura baja, produce enfriamientos bruscos debido a que el cuerpo pierde rápidamente calor por conducción hacia el aire frío, por lo que los climas secos son más favorables para el bienestar y la salud del ser humano que los climas húmedos (Hernán, 1979). Por otra parte, una humedad muy baja puede causar que se sequen las membranas mucosas y la piel. (Fanger y Jonassen, 1974)

Existen diversas formas de expresar la humedad ambiente:

#### Humedad Relativa

Se refiere al porcentaje de vapor de agua contenido en el aire en relación al que podría contener si estuviera saturado a la misma temperatura. (Griffiths, 1976)

#### Humedad Absoluta

Es la "densidad del vapor de agua expresada como masa por unidad de volumen de aire" (Griffiths, 1976). Indica el contenido de agua en el aire húmedo, generalmente en gramos por metro cúbico.

#### Humedad Específica

De acuerdo a Griffiths (1976), es la "masa de vapor de agua por unidad de masa de aire húmedo en g/kg"

#### Punto de Rocío

Temperatura a la cual el vapor de agua comienza a condensarse y a depositarse en forma de rocío, como resultado del enfriamiento experimentado por una masa de aire después de haber alcanzado el punto de saturación.

#### Relación de Mezcla

Tromp (1963), considera que es la "masa de vapor de agua por unidad de masa de aire seco en g/kg".

#### Temperatura del Bulbo Húmedo

Temperatura de equilibrio de una superficie húmeda no calentada, intercambiando calor mediante evaporación y convección (Kerslake, 1972). Esta temperatura es la resultante de cubrir el bulbo de mercurio del termómetro

con una muselina mojada, dando como resultado, la evaporación del agua de la misma, una contracción de la columna de mercurio, siendo mayor en la medida que el aire sea más seco. (Jáuregui y Soto, 1968)

Normalmente cuando se hace referencia a la humedad, la expresión más usada es la de humedad relativa. A la vez que se manejan los datos de humedad relativa es necesario conocer la temperatura del aire, por la estrecha relación que guardan entre sí, tan pronunciada, que el patrón de variación de la humedad relativa es casi el inverso exacto del de temperatura del aire. (Griffiths, 1976)

Al respecto de esta variación inversa, Soto y Jáuregui (1968), señalan que el valor máximo de la humedad relativa se presenta al amanecer cuando la temperatura alcanza su mínimo valor, ocurriendo el fenómeno inverso a medida que avanza el día, disminuyendo la humedad relativa conforme aumenta la temperatura. Así durante el día, a medida que la capa inferior de aire está siendo calentada por la superficie del suelo, su humedad relativa de crece rápidamente, y con una humedad relativa baja, la tasa de evaporación aumenta si hay agua disponible para ser evaporada, mientras que por la noche cuando ocurre lo contrario, la capa inferior se enfría, aumentando su humedad relativa, con lo que el punto de saturación se alcanza rápidamente, y con enfriamiento adicional, el exceso de humedad se condensa en forma de rocío (punto de rocío), iniciándose con ello la formación de niebla, (Koenigsberger et al.)

Según Dreyfus (1960), se experimenta comodidad en ambientes cuya humedad relativa oscila entre 20% y 70%. Pedrero (1963), estima que se acepta como saludable un porcentaje variable entre 30% y 60%.

Landsberg (1974), señala que es la presión parcial de vapor de agua y no la humedad relativa, la que reviste importancia ya que influye en la difusión del vapor de agua a través de la piel, la pérdida de calor evaporado del tracto respiratorio, y la evaporación de una posible secreción de sudor en la superficie de la piel.

Soto y Jáuregui (1968) opinan, que no obstante que la sensación de comodidad o incomodidad está mejor indicada por la relación de mezcla, es más

difundido y frecuente el empleo de la humedad relativa para caracterizar el estado higrométrico de la atmósfera. Dichos autores determinaron en el mismo trabajo la variación de este parámetro en la República Mexicana, resultando que el noroeste es la región del país en que se registran los valores más bajos de humedad relativa.

#### 2.2.4 Ventilación

Uno de los aspectos principales de la importancia del viento desde el punto de vista biometeorológico, y que hace necesario su estudio, es el hecho de que interviene considerablemente en la sensación de comodidad, a través del efecto de enfriamiento del ambiente en el cuerpo humano. (Tromp, 1963)

Los vientos de acuerdo a Koenigsberger et al., constituyen básicamente corrientes de convección del aire en la atmósfera, que tienden a igualar el calor diferencial en las diferentes zonas de la Tierra.

La manifestación del flujo del aire se divide en 3 grupos principales: circulación general, circulación regional y vientos locales.

##### Circulación General

Debido a las diferencias de temperatura en la superficie terrestre, se crean diferencias de presión en la atmósfera, lo que provoca la formación de diferentes tipos de vientos de acuerdo a la latitud. Así en el ecuador, debido al intenso calentamiento del sol en el cenit, el aire se calienta desarrollándose una baja presión, tendiendo el aire a elevarse, perdiendo humedad, y enfriándose en la atmósfera superior, con lo que se vuelve más pesado y empieza a descender a la altura de los trópicos. Con ello se favorece la formación de las grandes áreas desérticas debido a que es muy seco y cálido, como es el caso de la zona de estudio, caracterizada por aire descendente durante gran parte del año.

##### a) Vientos Alisios

Las altas presiones que tienen lugar alrededor de los trópicos se integran en celdas de las que el aire fluye hacia la baja ecuatorial, dando lugar a los vientos alisios. (Griffiths, 1976)

Como resultado de la rotación de la Tierra y del retraso que con respecto a ella experimenta el movimiento del aire, se presenta el efecto de Coriolis que se manifiesta como viento soplando en dirección opuesta a la de rotación de la Tierra, desarrollándose al norte del ecuador los vientos alisios del noreste, y al sur del mismo, los vientos alisios del sureste,

#### b) Vientos Contralisios

El aire que fluye de las altas subtropicales hacia los polos es desviado por el efecto de Coriolis y se convierte en el cinturón de vientos contralisios.

En lo que respecta a estos vientos, alrededor de los 30°N y S, hay dos bandas de continua presión barométrica alta (aire descendente), siendo los vientos en estas zonas típicamente ligeros y variables. (Koenigsberger et al.)

#### c) Vientos Polares

Las bajas subpolares situadas a aproximadamente 60°N y S dan lugar a los vientos polares.

Este esquema de circulación general se refiere al patrón promedio de circulación de los vientos ya que debido a la aparente migración del sol, las regiones de calentamiento y enfriamiento se desplazan, ocasionando una tendencia a que los cinturones de presión y vientos se muevan unos cuantos grados hacia el norte en el verano del norte, y hacia el sur en el invierno.

### Circulación Regional

#### a) Anticiclón del Pacífico Nororiental

El anticiclón del Pacífico nororiental es la celda anticiclónica semipermanente que influye en la circulación de los vientos superficiales en la zona de estudio; este anticiclón induce en el Noroeste de México vientos con direcciones del NW, N y W.

#### b) Ciclones Tropicales

Originados en la Zona Intertropical de Convergencia del Pacífico oriental, a la altura de las costas de América Central, los ciclones tropicales afectan principalmente a Baja California Sur, y en ocasiones, al extremo norte de la península durante el verano. (Jáuregui, 1981)

#### c) Anticiclón Migratorio de las Montañas Rocallosas

Existe en la zona de estudio otro tipo de vientos regionales, inducidos por un anticiclón migratorio de las Montañas Rocallosas, que presenta una frecuencia de uno cada 7 ó 10 días en invierno, en el norte de la península de Baja California. En esta época en que es frecuente el paso de frentes fríos, se combinan éstos con la presencia del anticiclón, el que por efecto de su subsidencia produce inversiones de temperatura en niveles superiores, prevaleciendo entonces cielos despejados, propiciando una fuerte pérdida de energía calorífica. (Jáuregui, 1981)

Los frentes fríos que se presentan en el invierno constituyen las fuentes principales de lluvias en la zona.

#### Circulación Local

La circulación local tiene lugar como resultado de factores básicamente relacionados con el relieve y la hidrología.

Entre los principales tipos de vientos locales o secundarios pueden mencionarse los siguientes:

##### a) Brisas Marinas

Las brisas marinas se presentan cuando el calentamiento causa una temperatura más alta y una más baja presión sobre las masas terrestres, en relación al mar adyacente. El aire más frío encima del cuerpo acuoso fluye entonces para reemplazar al aire cálido ascendente con lo que propicia una brisa refrescante. (Griffiths, 1976)

#### b) Brisas Terrestres

Las brisas terrestres o terrales son el fenómeno opuesto a las brisas marinas, y ocurren durante la noche y al amanecer, cuando la tierra se enfría más rápidamente que el mar, y tiene lugar entonces el flujo de la tierra al mar. Este tipo de brisas son generalmente más superficiales y más lentas que las brisas marinas. (Griffiths, 1976)

#### c) Vientos Descendentes

Los vientos descendentes o de Föhn se presentan en casi todas las áreas montañosas en el lado de sotavento, y reciben diferentes nombres regionales. Soplan debido a que el ascenso del aire en el lado de barlovento causa un secamiento del aire, el que desciende entonces en el lado de sotavento bajo calentamiento adiabático seco. Este tipo de viento golpea las regiones en donde sopla, de manera similar a un frente, y aumenta rápidamente la temperatura. (Griffiths, 1976)

Este tipo de vientos se observan en las laderas poniente de las montañas en Sonora, y aún en la península de Baja California en el otoño.

Un ejemplo de este tipo de vientos es el conocido como "Santa Ana", producido por un anticiclón migratorio frío que se ubica sobre las Rocallosas, y produce vientos del noreste que descienden hasta el norte de la península de Baja California. (Jáuregui, 1981)

#### d) Vientos de Gravedad

El viento de gravedad ocurre cuando la superficie que experimenta enfriamiento por la noche, da lugar a una diferencia en la densidad del aire a lo largo de la pendiente de las montañas. El aire más pesado en lo alto desciende entonces bajo efectos de la gravedad, resultando en un suave viento frío, (Griffiths, 1976). Estos vientos se presentan en La Paz, donde las montañas se encuentran cercanas a la ciudad.

## Funciones de la Ventilación

El movimiento del aire en general, así como sus funciones y consecuencias desde el punto de vista biometeorológico, se considera bajo dos aspectos principales: dirección y velocidad.

La dirección del viento se entiende como aquella de donde sopla. La velocidad -expresada en metros por segundo, kilómetros por hora, millas marinas por hora o nudos- depende de la fuerza que lo origina, así como del tipo de superficie por encima de la cual se desplaza y de su distancia en relación a la misma; como ejemplo, en los lugares montañosos, las mayores velocidades se experimentan en la cresta de las colinas; los pequeños valles y depresiones presentan normalmente velocidades del viento bajas, excepto en los casos en que la dirección del valle coincida con la del viento, como es el caso de los vientos del noroeste en la zona de estudio que se ven reforzados por los vientos inducidos por el anticiclón del Pacífico nororiental, que soplan en la misma dirección de la costa.

Las funciones principales de la ventilación son entre otras, el mantenimiento de la salud, a través del reemplazamiento del aire viciado de interiores; el confort térmico mediante la eliminación del calor excedente del cuerpo humano; enfriamiento estructural, indispensable en el caso de un gradiente alto de temperatura entre el interior y el exterior de locales. (Givoni, 1974-1-)

La importancia relativa de cada función de acuerdo a Givoni (1974-1-) , depende de la variabilidad regional y estacional de las condiciones climáticas, lo que implica flujos de aire de diferente orden y magnitud; opina que por encima de 27°C de temperatura ambiente, la necesidad fisiológica de ventilación -cuya principal función es la de promover la evaporación del sudor de la piel- depende principalmente del nivel de presión del vapor, por lo que en regiones cálidas con baja presión de vapor, la ventilación no es esencial, y puede ser inclusive indeseable cuando la temperatura del aire es mayor que la de la piel.

El efecto del movimiento del aire en la sensación térmica depende del nivel de temperatura del aire; cuando ésta es menor de 35°C, una alta velo-

cidad del viento produce la sensación de enfriamiento, mientras que por encima de esta temperatura, se experimenta una sensación de calor. (Givoni, 1974-3-)

De acuerdo a Fanger y Jonassen (1974), la velocidad del aire es un parámetro térmico puesto que influye en la pérdida convectiva de calor del cuerpo humano hacia el ambiente. La tasa o rapidez de transferencia de calor del cuerpo depende de la tasa de movimiento del aire a su alrededor. (Page, 1963)

Tromp (1963) afirma que las funciones del viento se ven modificadas por diversas circunstancias como en el caso de que el aire exterior esté en calma, la pérdida de calor disminuye debido a que el cuerpo está circundado por una capa de aire cálido más o menos constante. El movimiento del aire tiene asimismo poco efecto en la evaporación y en el enfriamiento cuando la tasa de sudor y la humedad de la piel son muy bajas; sin embargo, en tanto que el sudor no evaporado permanece en la superficie de la piel como resultado de una humedad mayor, el movimiento del aire aumenta considerablemente la evaporación. A temperaturas muy altas (45°C-50°C), el movimiento del aire deteriora la condición general de bienestar debido a que el calor advectivo predomina sobre la pérdida evaporativa incrementada, según considera el mismo autor.

Soto y Jáuregui (1968) hacen también consideraciones en relación a las funciones del viento en general, y en particular en ambientes interiores. Al respecto, destacan que no obstante la importancia de la ventilación como factor bioclimático, principalmente en los ambientes calurosos secos como los del Noroeste de México -en virtud de que activan la evaporación del sudor de la piel- si se intensifica el viento, puede volverse molesto en las regiones áridas ya que produce tolvaneras; consideran asimismo que si en estas regiones la temperatura del aire se eleva por encima de la de la piel (35°C), la ventilación no produce alivio por lo que es recomendable evitar que el aire caldeado del exterior penetre al interior de locales. El grado óptimo de intensidad de la velocidad del viento está en función de la temperatura ambiente, ya que si ésta es baja (19°C), requerirá de una menor velocidad -ligera<sup>mente</sup> inferior a 20 cm/seg- para no ser perceptible y hacer agradable el ambiente, en tanto que en ambientes calurosos con temperaturas de aproximadamente 30°C, se requieren como mínimo velocidades de hasta 60 cm/seg para ser perceptibles y atenuar la sensación opresiva. Consideran asimismo que la ventilación

interior no debe ser excesiva ya que a velocidades mayores de 45 m/min, puede presentarse turbulencia, destacando también la importancia de la temperatura de la corriente de ventilación, puesto que entre más fría se torna molesta, aún cuando su velocidad sea baja. Dichos autores citan que Bedford (1959), encontró que con una temperatura del aire de 19°C en un local con ventilación natural -mediante ventanas abiertas- cuando la velocidad del viento es superior a 10 cm/seg, no se experimenta un ambiente ni viciado ni fresco, mientras que si la ventilación se reduce a la mitad, el aire se siente estancado.

El aire se vuelve peligroso cuando transporta sustancias nocivas o polvos que pueden ser alérgicos o estar contaminados con bacterias o parásitos, vapores industriales irritantes o tóxicos; el aire externo -a pesar de estar contaminado- puede resultar menos peligroso que el interno debido a la gran dilución y a su continuo movimiento con lo que se reducen las posibilidades de que se produzcan enfermedades. Por lo general el viciamiento o alteración del aire se plantean en relación casi exclusiva al aire interno confinado en lugares cerrados mal ventilados, contaminado por las bacterias eliminadas por las vías respiratorias, partículas animales, vegetales o minerales suspendidas en el aire, transpiración, focos de combustión, aparatos de alumbrado, humo o gases producidos por diversas actividades en el trabajo; por ello, el movimiento y renovación del aire es el factor más importante para evitar las concentraciones de sustancias nocivas en el aire de interiores. (Hernán, 1979)

De acuerdo al trabajo realizado por Soto y Jáuregui (1968), en la península de Baja California los vientos más frecuentes por la tarde son las brisas, dominando en La Paz, las brisas del noreste durante el invierno, mientras que en verano, son más frecuentes las del suroeste. Estos resultados pueden compararse con los que se muestran en las figuras 57 a 60.

### III CONFORT HUMANO

#### 3.1 Consideraciones Generales

El interés por establecer criterios de confort térmico se remonta a hace aproximadamente 150 años, a principios del siglo XIX en Europa, iniciándose con el movimiento para la reforma de las condiciones de la industria y de la vivienda. (Koenigsberger et al.)

La sensación de comodidad o incomodidad ligada al confort, depende no sólo de los factores bioclimáticos, sino que también está influida por factores subjetivos o individuales, entre los que pueden citarse la vestimenta, grado de aclimatización, edad, sexo, constitución física, grasa subcutánea, estado de salud, alimentación, color de la piel y estado de ánimo; así, las sensaciones de comodidad o incomodidad son producto de la combinación de factores bioclimáticos, fisiológicos y psicológicos. (Koenigsberger et al.)

Los desequilibrios tanto en la salud como en la sensación de comodidad se presentan cuando el mecanismo adaptativo termorregulador del ser humano falla, o bien cuando los sistemas artificiales de protección como vestimenta y vivienda no son los adecuados. (Hernán, 1979)

Las respuestas sensoriales son de mayor importancia que las fisiológicas bajo actividad sedentaria y en lugares cerrados, en tanto que las fisiológicas asumen mayor relevancia ante la exposición al ambiente exterior, y en particular durante la realización de trabajo físico. (Givoni, 1974-2-)

#### 3.2 Definición

El confort térmico para una persona se define, de acuerdo a la American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE, 1966) como "aquella condición de la mente que expresa satisfacción con el ambiente térmico".

Fanger (1970) define el confort como un "estado de satisfacción o sensación neutral de temperatura que ocurre por lo general cuando el ser humano está inicialmente en equilibrio térmico, y no está regulando su temperatura corporal mediante el sudor o por cualquier mecanismo vascular". De acuerdo a

investigaciones de este autor, "para niveles incrementativos de actividad metabólica, la temperatura media de la piel para el confort, decrece linealmente a partir de 34°C, y la pérdida de calor evaporativa para el mismo, aumenta linealmente de un mínimo nivel, causado por la difusión de la piel". Mediante la introducción de estos criterios de confort, Fanger pudo predecir para cualquier nivel de energía metabólica, la combinación de variables ambientales que producirían un ambiente confortable.

Otra definición por Koenigsberger et al., establece que el confort es "una sensación de completo bienestar físico y mental", y destaca que depende no sólo de los factores ambientales sino de las diferentes reacciones de los sentidos humanos.

El confort térmico, a pesar de constituir una evaluación subjetiva del grado de comodidad del individuo en relación a su ambiente, tiene una base fisiológica, ya que es una condición en la cual los mecanismos termorreguladores del cuerpo están en estado de mínima actividad al nivel dado de trabajo físico, interviniendo en dicha sensación de comodidad, la tasa metabólica y la vestimenta.

En un sentido negativo, B.Givoni(1974-3-) define el confort térmico como "la ausencia de sensaciones desagradables o irritación producto de la exposición a un ambiente térmico dado".

Según citan González et al.(1974), Houghten y Yaglou describen un ambiente confortable como "aquél en el cual el hombre no está ni caliente ni frío y tiene una sensación neutra de temperatura".

El rango de condiciones dentro de las que al menos 80% de las personas se sienten cómodas se denomina "zona de confort". (Koenigsberger et al.)

B.Givoni(1974-3-) define este mismo concepto como "aquella zona en que el rango de condiciones de los componentes del ambiente térmico permiten experimentar confort".

Más allá de la zona de confort se produce una sensación de incomodidad que es función de la desviación de uno o más de los factores ambientales de su nivel en las condiciones de confort, en opinión de Givoni(1974-3-).

Se han desarrollado numerosas ecuaciones predictivas para el confort térmico, o más genéricamente, acerca de los niveles de sensación térmica o perspiración sensible esperadas bajo diferentes condiciones ambientales, metabólicas y de vestimenta. Entre ellas figuran las de Bedford(1936); Fanger (1970); Gagge et al. (1967); y Givoni(1963).

### 3.3 Procesos Térmicos y Factores Bioclimáticos

La respuesta humana al ambiente térmico no depende sólo de la temperatura del aire, sino que también de la humedad, radiación y movimiento del aire, que producen efectos térmicos. (Koenigsberger et al.)

Para entender mejor el efecto de los factores bioclimáticos es necesario examinar los procesos térmicos básicos del organismo humano.

El calor se produce continuamente en el organismo como resultado de la transformación de los alimentos en energía, y los procesos involucrados en la transformación de la materia alimenticia en materia viva y energía, constituyen el metabolismo. (Koenigsberger et al.)

De toda la energía producida en el cuerpo, sólo se utiliza aproximadamente un 20%, y el 80% restante es calor excedente que debe ser disipado al ambiente, para mantener el equilibrio térmico, variando la producción de calor excesivo con la tasa metabólica total, dependiendo asimismo de la actividad. (Koenigsberger et al.)

La producción de calor es considerada como una función de la distancia media entre el centro y la superficie del cuerpo, temperatura media de la piel, cambios en la capa superficial, y cambios temporales en la temperatura media de la piel, según Terjung (1974-1-).

Missenard(1955) señala que la transmisión calorífica es función no sólo de la diferencia de temperatura entre la piel y el cuerpo en contacto con ella, sino también del coeficiente de transmisión mutua, que depende de la naturaleza y características físicas del fluido o sólido en contacto con la epidermis.

Los procesos a través de los cuales el cuerpo transmite calor a su am -

biente son convección, radiación, evaporación y en grado menor conducción. (Koenigsberger et al.)

La convección se debe a la transmisión de calor del cuerpo al aire en contacto con la piel o la ropa por movimiento convectivo del aire, el cual se eleva y es reemplazado por aire más frío. La tasa de pérdida de calor por convección aumenta ya sea por una tasa más rápida de movimiento del aire, por una temperatura del aire inferior, o por una temperatura de la piel más alta. (Koenigsberger et al.)

La pérdida de calor por radiación depende de la temperatura de la superficie del cuerpo y de la temperatura de las superficies opuestas.

En cuanto a la pérdida de calor por evaporación, ésta está regida por la tasa de evaporación que depende a su vez de la cantidad de humedad disponible en el aire para ser evaporada. La evaporación se lleva a cabo en los pulmones, a través de la respiración, y en la piel como transpiración y sudor imperceptibles. (Koenigsberger et al.)

La conducción se refiere al flujo de calor a través de una sustancia con calentamiento desigual, de lugares de más alta a otros de más baja temperatura. (Tramp, 1963)

En la ganancia de calor intervienen la radiación y convección que adicionan calor al cuerpo y enfriamiento evaporativo mediante la transpiración. (Landsberg, 1972)

Cada uno de los factores bioclimáticos influye de manera especial en los procesos de intercambio de calor entre el cuerpo humano y su ambiente, básicamente dificultando o ayudando a la disipación del calor excedente del cuerpo. Así por ejemplo, una temperatura del aire alta es un obstáculo definitivo para la eliminación de calor por convección, y una elevada humedad, aunada a lo anterior dificulta la pérdida de calor por evaporación. (Koenigsberger et al.)

Missenard (1955) señala que de acuerdo a diferentes observaciones, el cuerpo humano es sensible al valor global del intercambio térmico con el ambiente, es decir, solamente a la suma de las pérdidas por radiación, convec-

ción y evaporación, resultando que puede experimentar una misma sensación de calor en dos ambientes que tengan diferente temperatura seca. A estos ambientes que provocan la misma sensación de calor se denominan "ambientes equivalentes", lo que no implica necesariamente que todos los individuos bajo un mismo ambiente, experimenten las mismas sensaciones.

Como puede advertirse, dentro de los estudios tanto puramente fisiológicos como bioclimatológicos, el aspecto más estudiado es el ambiente térmico, a través del balance de calor.

La sensación térmica equivale a la percepción de calor o frío en el ambiente y tiene su origen en la actividad neural de los termorreceptores que son terminaciones nerviosas de la piel, habiendo receptores específicos para el calor y para el frío. (Givoni, 1974-3-)

Landsberg (1972) considera que el hecho fundamental acerca de la reacción al ambiente es la necesidad del cuerpo de mantener su temperatura interna a 37°C, o cerca de ella, por el principio de homeotermia.

En la sensación de comodidad del ser humano es primordial la neutralidad térmica en relación al ambiente, ya que así, el homeotermo no tiene que "luchar" térmicamente con el medio, y experimenta bienestar además de que en dicho equilibrio es más resistente a las enfermedades, puesto que de lo contrario, el enfriamiento y el calor excesivo son perjudiciales a la salud humana. (Missenard, 1955)

Puesto que la temperatura interna del cuerpo debe permanecer balanceada y constante, el calor excedente, ya sea producido por el propio organismo o producto de factores ambientales como radiación solar o aire cálido, tiene que ser disipado al ambiente. Según cita Landsberg (1972), Prokop'ev (1966) considera que las temperaturas de la piel alcanzan diferentes niveles de equilibrio, de acuerdo al valor de aislamiento térmico de diversas prendas de vestir usadas en las diferentes partes del cuerpo.

El equilibrio en el intercambio de calor con el ambiente -aunque esencial para el confort térmico- no debe ser confundido con él, ya que puede también alcanzarse bajo condiciones de incomodidad, a través de la activación de los mecanismos termorreguladores. (Givoni, 1974-3-)

Al no existir balance térmico tienen lugar los ajustes vasomotores. Cuando se rebasa el estado neutral en sentido ascendente aumenta la circulación de la sangre a la superficie de la piel; más calor es transportado a la superficie y se eleva la temperatura de la piel, acelerándose con ello todos los procesos de pérdida de calor, sucediendo lo contrario cuando el desequilibrio es en sentido descendente. Si los procesos vasomotores reguladores resultan insuficientes, continúa el sobrecalentamiento y se presenta el sudor. (Koenigsberger et al.)

A través de estos mecanismos el cuerpo logra el equilibrio térmico; por ejemplo, la regulación del flujo sanguíneo periférico mediante la vasodilatación -con lo que aumenta la temperatura de la piel- y la vasoconstricción -con lo que disminuye-. El sudor evita el sobrecalentamiento mediante la vaporización del calor excesivo. La actividad muscular en el frío, o de reposo en el calor, influyen en el balance de calor para lograr el nivel de equilibrio deseado. (Landsberg, 1972)

El mecanismo de evapotranspiración a través de diversas tasas metabólicas es capaz de mantener el balance térmico a una temperatura media de la piel de aproximadamente 33°C, lo que produce la sensación subjetiva de confort, de acuerdo a Marinov (1966), según cita Landsberg (1972)

Existe tensión térmica cuando se presenta una desviación del estado de actividad mínima de los mecanismos fisiológicos termorreguladores; puede evaluarse por la magnitud de la desviación de cualesquiera de los sistemas fisiológicos, o por manifestaciones sensoriales de tensión a partir de su línea base en el estado de confort. (Givoni, 1974-2-)

Fisiológicamente la tensión térmica puede reflejarse principalmente en cambios en la temperatura de la piel, temperatura rectal del centro del cuerpo, tasa de sudor o tasa del corazón. Es decir, que las respuestas sensoriales a la tensión térmica incluyen la sensación térmica de calor o de frío y la sensación de la piel mojada (transpiración sensible). Esto puede manifestarse por ejemplo en lugares aglomerados, calientes y cerrados en que se experimenta una sensación sofocante.

La incomodidad térmica puede experimentarse principalmente de dos maneras: sensación térmica de calor y humedad de la piel, mientras que el estado de confort está caracterizado por un nivel mínimo de actividad de los mecanismos termorreguladores del calor y del frío. (Givoni, 1974-3-)

La evaluación del confort térmico es difícil y poco objetiva ya que existen variantes fisiológicas, de vestimenta, de actividad o ausencia de ella, parámetros térmicos, así como reacciones subjetivas, por lo que el grado de comodidad o incomodidad en un ambiente térmico dado, depende de la autoevaluación subjetiva de las personas, en un alto porcentaje. (Givoni, 1974-3-)

## IV ARQUITECTURA Y BIOCLIMA

### 4.1 Biometeorología Urbana

La biometeorología urbana trata de la relación entre el clima y el ambiente urbano. Su objetivo es la adaptación de planes urbanos y diseño de construcción de acuerdo a condiciones climáticas específicas tratando de lograr las mejores condiciones de bienestar. (Givoni, 1974-1-)

El campo que abarca la biometeorología urbana se divide fundamentalmente en mesoclimatología de las ciudades y microclimatología de las construcciones individuales. (Page, 1963)

### 4.2 Macroclima y Microclima

El clima de un lugar de acuerdo al área que comprende se divide en macroclima y microclima.

El clima urbano se produce por la interacción del calor, la humedad ambiente, gases y diversas partículas generadas por industrias, fábricas o por la actividad humana en el área ocupada por una ciudad, afectando las condiciones climáticas y la calidad del aire. (Givoni, 1974-1-). Contribuyen asimismo a este proceso, la generación de calor de origen doméstico, como el producido por estufas, chimeneas, atribuyendo a ello, la capacidad térmica de las construcciones, lo que implica que el centro de la ciudad se caliente y enfríe más lentamente que el campo circundante. La ausencia de pasto y cubierta vegetal reduce el enfriamiento por evapotranspiración. Todo esto contribuye a que cada ciudad, pueblo o localidad tenga su propio clima (microclima), ligeramente diferente al descrito para la región en su conjunto (macroclima). (Page, 1963)

De acuerdo a Koenigsberger et al., los factores que causan desviación local del clima de un lugar con respecto al de la región circundante son:

- Topografía (pendiente, orientación, exposición, elevación)
- Superficie del suelo (natural o hecha por el hombre -reflectancia, permeabilidad, temperatura-)
- Objetos tridimensionales (árboles, bardas, paredes, edificios)

Los ambientes hechos por el hombre pueden crear microclimas propios, desviados del macroclima de la región a un grado que depende de la medida de su intervención en la alteración de la naturaleza. Esta influencia se observa por ejemplo, en la construcción de edificios y colocación de pavimento, lo que produce una mayor absorción de la radiación solar y una evaporación reducida. Los edificios actúan como barreras para los vientos, a la vez que también los conducen provocando un posible aumento de su velocidad.

Otro aspecto importante es la contaminación atmosférica, que tiende a reducir la radiación solar directa, pero que aumenta la radiación difusa y proporciona una barrera para la radiación saliente hacia la atmósfera, sobre todo por la noche; las partículas sólidas pueden ayudar a la formación de niebla y a la inducción de lluvias.

El término "clima de sitio" o "topoclima" es usado por algunos autores como Koenigsberger et al., como equivalente al de microclima, ya que este último según señalan, puede implicar cualquier desviación local del clima de un área, cualquiera que sea la escala. El clima de sitio establece la escala, cualquiera que sea el tamaño del proyecto; implica el clima del área disponible, y es usado tanto en sentido horizontal como vertical.

Los principales cambios en el clima urbano respecto al rural, se presentan en el patrón diurno de temperatura, en las condiciones del viento y en el contenido de contaminantes del aire, siendo los ejemplos más significativos de estos cambios, la generación de calor por procesos industriales, calentamiento doméstico y por vehículos de motor; disminución de las tasas de calentamiento en el día y enfriamiento en la noche por la capacidad térmica de los edificios; evapotranspiración reducida, debido a la escasa cubierta vegetal, lo cual repercute en una elevada temperatura ambiente; reducción de la radiación solar incidente y la radiación de onda larga saliente, por el alto contenido de humos o partículas. Así, la temperatura del aire en una ciudad puede ser alrededor de 8° mayor que en el campo circundante; la humedad relativa se reduce de 10% a 5% por la rápida eliminación del agua de lluvia de las áreas pavimentadas, y por la ausencia de vegetación, así como por las temperaturas más altas; la velocidad del viento puede ser reducida a menos de la mitad de la existente en campo abierto, pero el efecto de conducción a lo largo de

una calle estrecha puede inclusive elevarla al doble.

#### 4.3 El Bioclima en Interiores

Las personas realizan por lo general la mayor parte de sus actividades en climas de interiores, por lo que al considerar el efecto biológico del ambiente en el ser humano, Fanger y Jonassen (1974) consideran que es importante establecer los factores físicos a los que está expuesto en tales climas.

En los países industrializados más del 90% de la población -según cita Terjung (1974-2-) vive en áreas urbanas cuyas construcciones poseen climas internos con características propias, influenciadas de manera indirecta por las condiciones climáticas exteriores. Esta situación reviste gran importancia para este estudio, ya que en el Noroeste de México, cada vez son mayores las concentraciones urbanas.

No obstante que se puede lograr prácticamente completa independencia del clima exterior en los locales, gracias a los sistemas de calefacción o condicionamiento del aire, el clima de interiores refleja cada vez más las condiciones climáticas del exterior, debido a las tendencias actuales en los métodos de construcción que se inclinan por el uso de materiales más ligeros y mayor área de ventanas.

El microclima interno difiere en términos generales del mesoclima urbano exterior, dependiendo en un alto grado de los detalles del diseño y construcción, ya que el clima interior es resultado de diversos factores, como materiales para construcción, orientación, aspecto y tamaño de las ventanas, ventilación, horas de insolación, vegetación existente en el contexto inmediato de la construcción.

Existe comunicación entre el clima de los interiores y el externo a través de los muros -cuyos materiales pueden tener características distintas- vanos, ventanas y puertas. Esta comunicación se observa por ejemplo en las diferencias de temperaturas que crean a su vez pequeñas diferencias de presión, como cuando el aire cálido del cuarto se eleva y el aire frío que entra del exterior se encuentra al nivel del piso; de manera que aún cuando

una persona permanezca en su casa, experimenta de alguna manera los cambios del ambiente exterior. (Tramp, 1963)

Page (1963) considera que a pesar de las diversas similitudes existentes, el clima de los edificios es diferente del prevaleciente afuera, aún en el caso de edificios en los que no se empleen equipos mecánicos para modificar el ambiente.

En cuanto al contenido de iones del aire, se ha encontrado frecuentemente que las concentraciones de interiores son similares en magnitud y variaciones a las del exterior. (Fanger y Jonassen, 1974)

En ambientes interiores los factores de interés desde el punto de vista del confort son los eléctricos, químicos, y principalmente térmicos. Los factores térmicos en una habitación son aquéllos que influyen en el balance de calor del ser humano, como la temperatura del aire, temperatura media radiante, velocidad y humedad del aire. (Fanger y Jonassen, 1974)

Puesto que el ser humano es una criatura diurna y en consecuencia pasa el mayor número de horas del día en actividad, el estudio del ambiente térmico reviste gran importancia.

La calidad de un ambiente térmico para la ocupación depende del grado en que se satisface a las personas en el interior; por ello, debe tenerse en cuenta la apreciación subjetiva del ser humano en relación a su ambiente térmico, además de los factores bioclimáticos. (Fanger y Jonassen, 1974)

El confort térmico dentro de interiores depende, de igual manera que el bienestar en el exterior, no sólo de los cuatro factores bioclimáticos principales sino también del nivel de actividad de la persona (tasa metabólica), así como de su vestimenta. La tasa metabólica está dada como la producción interna de calor por unidad de área superficial, y la propiedad térmica de la ropa está dada por su resistencia térmica. El clima óptimo de las habitaciones además de estar influido por los factores citados, depende asimismo del estado fisiológico de los ocupantes. (Fanger y Jonassen, 1974)

De acuerdo a Givoni (1974-3-), conservar el confort térmico en locales no implica el mantenimiento de las condiciones térmicas interiores a un ni-

vel constante, sino que deben existir algunas variaciones leves en las condiciones internas, como en la temperatura, y particularmente en el movimiento del aire, las cuales resultan benéficas porque evitan una sensación monótona y tienen un efecto vigorizante. Por ello, el requerimiento térmico en una habitación podría ser especificado en términos de una zona de confort con la aceptación de algunas variaciones y fluctuaciones.

#### 4.4 El Diseño Arquitectónico y el Bioclima

La solución óptima para los seres vivos en relación a su ambiente climático, en términos de confort, consistiría en modificar lo menos posible su clima natural. Por ello, debe establecerse la termorregulación del individuo haciendo variar las condiciones ambientales dentro de ciertos límites. Así por ejemplo en invierno, la temperatura interior resultante debe oscilar entre 16°C y 17°C, y el grado higrométrico deberá mantenerse alrededor de 50%. (Missenard, 1955)

El diseño arquitectónico en función al clima presenta diversos problemas ya que hay que considerar la variación de la calidad del "ambiente total" de acuerdo a las diferentes estaciones. Algunas veces se encuentran soluciones de diseño que funcionan en una estación determinada y que resultan inconvenientes en otra. (Page, 1963)

Para el diseño arquitectónico deben conocerse en principio las características del comportamiento de los factores bioclimáticos en las diferentes épocas del año.

La prioridad en el diseño de construcciones diversas para la ocupación humana en relación al bioclima, debe tener en cuenta fundamentalmente los aspectos térmicos, la insolación, ventilación y humedad. (Griffiths, 1976)

Además de los factores bioclimáticos principales, otros factores importantes desde el punto de vista del confort humano que intervienen en la planeación urbana y en el diseño arquitectónico de locales, son el patrón de sol y sombra en torno a los edificios, protección de la radiación solar, lluvia, polvo exterior.

La primera tarea del diseñador desde el punto de vista urbano consiste en identificar el área más conveniente para la ocupación humana; debe diseñar los edificios de tal forma que aprovechen lo favorable del clima y se mitiguen las características adversas en un lugar determinado.

Los principales rasgos del diseño de construcción que afectan el microclima interno, son los materiales usados, el color externo, la orientación de las fachadas principales, detalles de localización y diseño de las superficies de ventilación y dispositivos de control solar. (Givoni, 1974-1-)

Entre otros rasgos de planeación figuran las dimensiones (altura en particular, que da como resultado el volumen interno de aire), el espaciamiento de las estructuras, la uniformidad de sus tamaños. Desde el punto de vista de planeación urbana, tienen importancia, la orientación de la red de calles, área total, y distribución de parques y espacios abiertos. (Givoni, 1974-1-)

Los objetivos climatológicos de una determinada planeación urbana dependen de la naturaleza del clima prevaleciente. Así, en áreas con clima cálido seco el objetivo principal es la reducción del impacto de la radiación solar en edificios y sombra en las calles, campos de juego y otros lugares; donde el viento cálido seco es acompañado por tormentas de polvo, la consideración principal en el control del viento es la protección más que la ventilación, como en el caso de los vientos "Santa Ana" en Baja California Norte.

En el diseño arquitectónico debe determinarse la causa fundamental de la tensión térmica en un ambiente particular; en los climas cálidos secos como el de la zona de estudio, el diseño debe enfocarse a la reducción de la tasa de transferencia de calor al cuerpo para mantener el equilibrio térmico.

Dos aspectos del diseño, básicos para lograr confort térmico en climas cálidos, son la reducción de la temperatura diurna interna abajo del nivel exterior, y la provisión de buena ventilación. (Givoni, 1974-1-)

En climas caracterizados por veranos cálidos e inviernos fríos como se dan en el área de estudio, es deseable minimizar la incidencia solar durante los meses de verano y maximizar dicha incidencia durante el invierno, pa-

ra lo que es importante determinar la forma en como la energía solar diaria absorbida por una habitación, es influenciada por la orientación y por consideraciones geométricas, por lo que habrán de tomarse en cuenta básicamente, elementos como el eje térmico,

A continuación se tratan algunos de los principales aspectos concretos que deben tomarse en cuenta en el diseño arquitectónico.

#### 4.4.1 Insolación

En las construcciones una de las mayores fuentes de ganancia de calor es la radiación solar, que entra a través de las aberturas como ventanas, y aumenta la temperatura interna por encima de la temperatura exterior. (Koenigsberger et al.)

Al considerar el efecto de los ingresos de radiación y el intercambio de la misma en el balance térmico de un ocupante, es conveniente examinar por separado los efectos de los intercambios en la frontera exterior del recinto, en la frontera interior, y finalmente entre el ocupante y el ambiente resultante, según señalan Buchberg y Naruishi (1967). Dichos autores consideran también, que la energía solar incidente es particularmente importante en cualquier consideración de la respuesta térmica de una habitación, principalmente al clima de verano en la mayor parte de los lugares.

En las regiones cálidas secas, áreas semiáridas y desérticas, la radiación es tan intensa que la protección tiene que ser en relación a los rayos del sol. En forma tradicional, generalmente se hacía uso de ladrillos de lodo seco (adobe), ya que proporcionan el mejor aislamiento; posteriormente se ha difundido el uso de ladrillo rojo recocido. Las casas son construídas de varios pisos, de manera de captar las brisas y obtener sombra para los niveles inferiores. En el Noroeste, que presenta este tipo de clima, las construcciones generalmente se han hecho de una planta con muros anchos construídos con adobe, además de usar pórticos que provocan un clima intermedio entre el interior y el exterior de las construcciones y evitan los cambios bruscos de temperatura. El empleo de tabique (ladrillo de barro rojo recocido), introducido con el uso de sistemas constructivos mejorados, permite mayor resis -

tencia de carga a la compresión pero presenta menor aislamiento, por lo que para compensar esta deficiencia se manejan elementos como las alturas (dos y más pisos), con la finalidad de captar las brisas existentes y dar sombra.

Se utilizan también para proporcionar sombra, los aleros o marquesinas que son construcciones voladas que salen de los límites de la masa de construcción.

Otra forma de generar variaciones en este factor ambiental es mejorar el contexto inmediato de la construcción a base de plantar árboles y arbustos que proporcionen cierto grado de humedad, y sombras que determinan cierta baja en la temperatura del aire que permitirá una más adecuada circulación de éste entre el interior y exterior, a través de la ventilación señalada en el diseño, a base de puertas y ventanas bien ubicadas.

La ganancia de calor por radiación no puede ser eliminada completamente por lo que es recomendable definir el período de sobrecalentamiento para los propósitos del diseño en cuanto a los dispositivos de sombra, por la isopleta de temperatura correspondiente al límite inferior de la zona de confort. (Koenigsberger et al.)

El diseño de dispositivos de sombra apropiados consiste básicamente en encontrar una máscara de sombra que traslape con el período de sobrecalentamiento tan cerca como sea posible. Los dispositivos de sombra pueden ser verticales, horizontales o combinados. Una vez que se establecen los ángulos de sombra necesarios, el diseño de la forma del aparato resulta sencillo, y puede diseñarse simultáneamente a otras consideraciones arquitectónicas, ya sean estructurales, estéticas, de iluminación, o de circulación del aire. Si se utilizan dispositivos de sombra, las superficies reflejantes de los mismos, iluminadas por el sol pueden volverse fuentes de deslumbramiento, por lo que deberían ya sea, no ser reflejantes, o estar colocadas de manera que no sean visibles directamente. (Koenigsberger et al.)

En el diseño de construcciones resulta útil combinar el efecto de calentamiento de la radiación incidente en un edificio con el efecto provocado por el aire caliente. (Koenigsberger et al.)

El diseño debe ser de tal forma que disipe el calor del día por medio de las sombras, ventanas pequeñas, techos ligeros y paredes que estén en ventaja para lo que es conveniente proteger todos estos elementos durante el día.

#### 4.4.2 Temperatura

La American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE), ha designado como zona de confort interna, aquella con rangos de temperatura del aire de 22.8°C a 25°C y 20% a 60% de humedad relativa.

El control de la temoerregulación por variación de la temperatura interior no evita los enfriamientos por pasar bruscamente del interior al exterior cuando es grande el contraste, por lo que conviene tomar precauciones en la vestimenta, ya que la acción refrescante del ambiente exterior se ve retardada por la acumulación de calorías en la ropa, en el caso de temperaturas exteriores marcadamente inferiores a las del ambiente interior. En la zona de estudio, y desde el punto de vista constructivo esto se resuelve generalmente con la integración de un pórtico que permita tener un ambiente intermedio. En verano el enfriamiento permitirá aminorar la fatiga; deben evitarse grandes diferencias de temperatura entre el interior y el exterior para no provocar choques térmicos excesivos. Asimismo, la diferencia de temperatura resultante entre el local refrescado y el exterior deberá ser inferior a 60% de la diferencia entre la temperatura resultante exterior y la temperatura interna del cuerpo alrededor de 37°C; como ejemplo, para una temperatura resultante exterior de 30°C, la temperatura resultante interior no deberá ser inferior a 26°C en promedio. (Missenard, 1955)

En cuartos calentados o enfriados convectivamente puede haber frecuentemente gradientes verticales de temperatura significativos, siendo sin embargo la temperatura media del aire en la zona ocupada, la que interesa.

Según consideran Fanger y Jonassen (1974), la temperatura media radiante puede definirse como la temperatura media de las superficies en un cuarto, medida de acuerdo a la magnitud de los factores angulares en relación a la persona, y es equivalente a la temperatura media de las superficies de un cuarto.

Las personas pueden experimentar confort térmico cuando la temperatura media radiante es más alta que la temperatura del aire. Tales circunstancias se presentan en cuartos donde hay superficies calientes producto de sistemas de calefacción de piso o de tablero, o en verano cuando las superficies de ventanas, muros y techo llegan a alcanzar un sobrecalentamiento debido a la radiación solar. En invierno la temperatura media radiante puede ser inferior que la temperatura del aire en cuartos con superficies de grandes ventanas y grandes muros exteriores mal aislados. (Fanger y Jonassen, 1974)

En los climas desérticos en particular, la temperatura del aire es por lo general apreciablemente superior a la temperatura de la piel en la mitad del día, y aumentar la tasa de movimiento del aire sólo haría las condiciones aún más severas por lo que el único remedio es tratar de reducir la temperatura del aire, primeramente mediante tomar ventaja del "efecto de volante" de la construcción pesada, para humedecer el período pico del mediodía; en segundo término, un enfriamiento considerable puede ser logrado mediante evaporación del agua. (Page, 1963)

En lugares o épocas donde la tensión térmica principal se debe al frío, como ocurre en invierno y en algunas noches en la zona de estudio, los objetivos principales son una razonable distribución de la temperatura dentro del rango de confort; minimización de la pérdida de calor y prevención de la condensación. (Givoni, 1974-1-)

Los interiores de edificios no deben ser vistos como recintos de temperatura constante puesto que se establecerían ambientes monótonos.

#### 4.4.3 Humedad

En lo que respecta a la humedad puede en la práctica obtenerse cualquier grado de ella deseado mediante un sistema completo de aire acondicionado. Deben no obstante hacerse arreglos en la construcción de manera que las superficies exteriores (ventanas y muros fríos) tengan una temperatura que sea mayor que el punto de rocío deseado. (Fanger y Jonassen, 1974)

En la mayoría de los diversos tipos de cuartos, el reemplazar naturalmente el aire es tan fuerte y la producción de vapor tan moderada que la pre

sión de vapor interior es sólo levemente mayor que la de afuera. La humedad relativa del aire del interior es por tanto inferior que la temperatura exterior, más fría. (Fanger y Jonassen, 1974)

La humedad relativa en edificios con calefacción es normalmente inferior que la de afuera, pero la humedad absoluta es generalmente más alta. Esta disminución en la humedad relativa, que resulta de la temperatura interna incrementada, es compensada hasta cierto punto por la humedad producida internamente por los ocupantes mismos y sus actividades como cocinar, bañarse, lavar. Si la humedad absoluta de adentro se eleva mucho, es probable que tenga lugar una condensación severa, particularmente en las superficies más frías del cuarto, misma que frecuentemente puede ser reducida mediante aumento de la tasa de ventilación, de acuerdo a Page (1963), quien considera que en la práctica adecuada de la construcción, la humedad relativa deseada es de aproximadamente 50%.

#### 4.4.4 Ventilación

La ventilación natural constituye el reemplazamiento del aire que se encuentra dentro de un local, con aire fresco del exterior, mediante fuerzas naturales, en las que están involucrados dos mecanismos: las fuerzas ocasionadas por el viento natural y fuerzas producidas por diferencias en la densidad entre el aire interior y el exterior, resultando que si el viento está por encima de 3.5 millas/h, las fuerzas del viento dominan, y entre más grande sea la velocidad del viento, mayor es la tasa de ventilación natural, según considera Page (1963). Este autor señala, que la tasa de ventilación mínima deseada está determinada por la necesidad de evitar la acumulación excesiva de olores corporales, así como de asegurar un balance de humedad interno favorable, y afirma que las tasas excesivas de ventilación dificultan el mantenimiento del calor interior, mientras que las tasas bajas producen un ambiente viciado desagradable y frecuentemente húmedo.

Fanger y Jonassen (1974) consideran que las corrientes de aire en un cuarto son generadas parcialmente por superficies calientes y frías que causan corrientes convectivas de aire, libres, y parcialmente por el aire de ventilación provista al cuarto.

La velocidad del viento en un área construida, es generalmente mucho más baja que a campo abierto. Las calles y otros espacios abiertos facilitan el flujo de aire, mejorando en consecuencia las condiciones de ventilación en las partes interiores de la ciudad; por otra parte, las corrientes de aire sobre los edificios inducen flujos secundarios a niveles inferiores. (Givoni, 1974-1-)

La ventilación efectiva de interiores en opinión de Givoni (1974-1-), depende tanto de la velocidad exterior del viento como de los detalles de construcción como el tamaño de ventanas y su localización con respecto a la dirección del viento. La influencia del tamaño de ventanas en la velocidad del aire interior depende a su vez en gran parte de si el cuarto está ventilado transversalmente o no, siendo en tal caso leve la influencia.

El volumen de aire existente en una habitación resulta de las dimensiones del interior (ancho, largo, y sobre todo altura).

Según Fanger y Jonassen (1974), en virtud de que es difícil crear una velocidad del aire uniforme en interiores -por ejemplo de 0.3 m/s- se trata generalmente de mantener la velocidad inferior a aproximadamente 0.1 m/s en que la pérdida de calor es controlada por convección natural, lo cual se hace para lograr un efecto térmico uniforme en el cuarto.

Uno de los objetivos en el buen diseño arquitectónico es evitar movimientos rápidos de aire del cuerpo, ya que se experimentarían corrientes frías. En climas cálidos y secos como el de la zona de estudio, el confort dependerá frecuentemente del buen movimiento del aire, debiendo encontrarse las ventanas convenientemente ubicadas para proporcionarlo. Las ventanas tienden a actuar como deflectores, por lo que si están correctamente diseñadas pueden dirigir el aire hacia donde se requiera; en caso contrario pueden desviar la corriente de aire hacia el techo u otras partes del cuarto "no habitadas" donde no sería de utilidad. (Page, 1963)

Las tasas de ventilación serán mayores en el lado de la construcción que de a la dirección dominante del viento. En los lugares donde es imprescindible una buena ventilación natural, las ventanas deben dar hacia la brisa prevaleciente, tomando en cuenta las desviaciones de la corriente de aire, debidas a

rasgos topográficos o constructivos. (Page, 1963)

Una adecuada ventilación es esencial en todos los ambientes interiores ya que de no ser así, el aire permanecería en estratificación térmica permanente, con aire frío al nivel del piso y caliente cerca del techo. (Griffiths, 1976)

En lugares en donde el viento puede proporcionar alivio del calor sofocante, las crestas y pendientes de barlovento son preferibles como sitios para la construcción, en relación a las de sotavento, puesto que en las primeras se experimentan las mayores velocidades del viento. La balustrada alrededor del techo debe estar bastante abierta para aprovechar las brisas nocturnas. (Koenigsberger et al.)

Griffiths (1976) considera que la presión del viento sobre los edificios es importante puesto que éstos deben estar diseñados de manera de soportar los vientos probables. Señala que la presión del viento es proporcional al cuadrado de su velocidad multiplicada por un factor que depende de la forma de la construcción. En cuanto a la lluvia, indica que tiene ésta, un efecto apreciable sobre el exterior de los edificios, que recae sobre todo en los materiales, y cuando llega a combinarse con fuertes vientos, puede también afectar los interiores. Por todo ello, en el diseño de construcciones debe tenerse en cuenta para que éste resulte adecuado, los techos y drenaje del suelo.

El tipo de construcción tradicional en áreas cálidas generalmente hace uso de un dispositivo como el denominado "kus tatti", colocado sobre ventanas que está hecho de paja, la cual se empapa con agua para proporcionar enfriamiento por evaporación. (Page, 1963)

En las regiones cálidas secas, obviamente los requerimientos de ventilación tienen que basarse en el confort térmico. En el caso del Noroeste de México se utilizan como medios mecánicos, los ventiladores tanto de techo y fijos como los portátiles, el "cooler"-que proporciona humedad- y los aparatos de acondicionamiento de aire, (refrigeración y calefacción).

#### 4.4.5 Orientación

La orientación de un edificio (dirección a la que da la fachada), afecta el clima interno a través de dos factores: radiación solar combinada con la disposición de muros y ventanas, y ventilación, afectada por las direcciones del viento prevalecientes. (Givoni, 1974-1-)

Con muros adecuadamente aislados, de color externo claro y ventanas adecuadamente sombreadas, Givoni(1974-1-), opina que el efecto de la orientación en la temperatura interna puede ser leve comparado con el de la ventilación, siendo en estas circunstancias el factor decisivo de orientación, el viento más que la insolación, particularmente en el caso de regiones húmedas. En regiones cálidas secas como la que nos ocupa, el control solar es de primaria importancia, recomendándose generalmente una orientación de la fachada principal en dirección norte-sur, para reducir la exposición al sol.

#### 4.4.6 Iluminación

En cuanto a la iluminación natural en edificios, Page(1963), considera los siguientes aspectos:

- Provisión de luz solar en invierno
- Control de ganancias excesivas de calor radiante
- Regulación de los patrones de brillantez que tienden a interferir con las condiciones de buena visibilidad en el interior

Para cubrir los dos primeros aspectos, opina que una orientación favorable puede ayudar en gran medida. Señala que las fachadas que dan al ecuador presentan grandes ventajas, excepto a muy altas latitudes. Primeramente, las ganancias radiantes son considerables durante el verano medio, y tienden a ser apreciablemente menores que en los equinoccios; el alto sol de verano incidendo muy oblicuamente en la superficie de vidrios, hace las ganancias de calor pequeñas; asimismo, la protección a través de dispositivos de sombra apropiados, es más simple que en otras fachadas. Para determinar la posición de fachadas, se utiliza el eje térmico, determinado por un ángulo de 15° o 17°, en relación a la perpendicular sobre la que inciden los vientos.

En el control de la iluminación se utilizan persianas difusoras apropiadas para reducir los contrastes interiores de brillantez.

El problema de determinar la distribución en tiempo de la radiación solar en una superficie orientada en cualquier forma arbitraria y localizada en cualquier lugar sobre la superficie terrestre, ha sido resuelto de diversas formas, siendo la problemática geométrica esencial, expresar el ángulo de incidencia del sol en términos de cantidades conocidas que describen la orientación y localización de la superficie, la posición del sol y el tiempo, de acuerdo a Buchberg y Maruishi (1967)

Page (1963), considera que la luz del día disponible en un edificio depende de la iluminación exterior local, y del uso práctico que se haga de la misma; en lo que respecta al diseño arquitectónico, en relación a la luz del día, opina que se presentan dos problemas básicos: proporcionar suficiente iluminación para el tipo de tarea a desempeñar, y tratar de reducir los contrastes excesivos de brillantez que den lugar a deslumbramientos, teniendo en cuenta que para cualquier solución debe considerarse el balance térmico del edificio, lo que se logra, utilizando materiales de construcción y aditamentos adecuados, como vidrio oftálmico, parasoles y celosías.

En climas desérticos las fuentes principales de resplandor son el suelo brillante iluminado por el sol y las fachadas de las construcciones.

Los vidrios de ventanas son prácticamente transparentes a las radiaciones infrarrojas de onda corta emitidas por el sol, pero son casi opacas a la radiación de onda larga emitida por objetos en el cuarto, lo que provoca que el calor radiante, una vez que ha entrado a través de una ventana, sea atrapado en el interior del edificio. Un vidrio ordinario de ventana transmite una gran proporción de toda la radiación, entre 300 y 3000 nm, tanto de luz visible como infrarroja, siendo su transmisividad selectiva, la cual puede ser modificada variando la composición del vidrio de manera de reducir sustancialmente la transmisión infrarroja; así, para contrarrestar la ganancia de calor por absorción debe montarse el vidrio a una distancia de 0.5 a 1 m enfrente de una ventana ordinaria esmaltada, lo que reduce la transmisión, y el calor absorbido es disipado en ambos casos al exterior, siendo el calor reirradiado

hacia la ventana, de onda larga. (Koenigsberger, et al.)

Las persianas y cortinas no son formas muy efectivas de control solar, en virtud de que no obstante que detienen el paso de la radiación, absorben ellas mismas el calor solar y pueden alcanzar temperaturas muy altas, siendo el calor absorbido parcialmente transmitido por convección al aire interior y parcialmente reirradiado.

Koenigsberger et al., consideran que en climas cálido secos la luz directa del sol debe ser evitada en los edificios en parte por razones térmicas y en parte porque inevitablemente crearía una luz intensa de naturaleza deslumbrante.

La luminosidad del cielo cerca del horizonte es mayor y puede constituir una fuente de deslumbramiento si no se bloquea mediante una pantalla. La luz internamente reflejada es la forma más conveniente de iluminación; la instalación de ventanas a niveles altos, admite la luz reflejada a el techo, el cual si es blanco permite la provisión de luz interior adecuada bien difundida. Las ventanas a niveles bajos en este tipo de climas son aceptables si dan a campos con vegetación y con sombra. (Koenigsberger et al.)

Quando una vista iluminada por el sol a través de una ventana es inevitable, el fuerte contraste de luminosidad entre la vista y el contorno de la ventana puede ser reducido mediante pintar el muro adyacente con un color claro, pintar el interior de los marcos de la ventana de blanco, o por la colocación de otras aberturas en muros opuestos con la finalidad de arrojar un poco de luz al muro que circunda a la ventana. (Koenigsberger et al.)

#### 4.4.7 Materiales de Construcción

Las propiedades termofísicas más importantes de un edificio desde el punto de vista climático son la resistencia térmica de la cubierta externa y la capacidad calorífica de la estructura. Los requerimientos con respecto a los materiales dependen de la naturaleza de la tensión térmica involucrada y varían según se trate de regiones frías o cálidas. (Givoni, 1974-1-)

La capacidad térmica de un cuerpo es "el producto de su masa y el calor específico de su materia, entendiéndose como calor específico de una sustancia,

la cantidad de energía calorífica necesaria para provocar el aumento de una unidad de temperatura en una unidad de masa de la sustancia" (Koenigsberger et al.). La capacidad térmica es medida entonces, como la cantidad de calor requerida para provocar un aumento de temperatura unitario en el cuerpo.

La capacidad térmica de los edificios es importante, particularmente cuando se emplea el sistema de calentamiento intermitente. Las estructuras ligeras se enfrían rápidamente y las pesadas pueden almacenar el calor por más tiempo, tendiendo por tanto en la práctica doméstica a ser más calientes en la noche, especialmente si los estándares básicos de calentamiento no son altos. (Page, 1963)

La función principal de los materiales de construcción en un clima cálido es moderar el efecto de calentamiento del aire exterior y de la radiación solar absorbida por la estructura, reduciendo por lo tanto el requerimiento de carga de cualquier sistema de enfriamiento mecánico. (Givoni, 1974-1-)

Casi todos los tipos de materiales de construcción ordinarios deben ser considerados como conductores en un contexto electrostático, y constituyen en consecuencia una efectiva pantalla al campo eléctrico atmosférico. (Fanger y Jonassen, 1974)

Entre menor sea la conductividad de un material, es mejor aislante. El aislamiento del calor de las paredes exteriores es de gran importancia ya que tiene una influencia directa en el ambiente térmico. Una resistencia térmica baja ocasionaría corrientes de aire convectivas libres a lo largo de los muros, y en invierno una temperatura media radiante inferior, por lo que para obtener confort debe mantenerse en el cuarto una mayor temperatura del aire. (Fanger y Jonassen, 1974)

En edificios sin enfriamiento mecánico, la resistencia térmica y la capacidad de calor son de aproximadamente igual importancia en cuanto a la moderación de la carga de calor diaria. Para propósitos prácticos puede considerarse el producto de dichos parámetros; sin embargo, para un valor dado de tal producto, los edificios con resistencia térmica más alta y capacidad calorífica más baja se enfrían más rápidamente en la noche cuando están ventilados, de manera que en regiones con noches cálidas la resistencia térmica

es más importante que la capacidad calorífica, aunque una capacidad calorífica relativamente alta sea requerida para evitar la elevación de la temperatura interna, debida a la penetración de calor a través de las aberturas en la construcción. (Givoni, 1974-1-)

Givoni (1969) introdujo el término de "constante térmica de tiempo total" como un parámetro que representa las propiedades termofísicas de los edificios, y considera los componentes externos e internos tanto como los cambios de aire por ventilación.

La capacidad calorífica de los muros, piso, techo, así como demás superficies en un cuarto, es un factor de gran significado, sobre todo, durante condiciones pasajeras. Así, para cargas de calor de corto plazo en un cuarto, la capacidad del sistema de aire acondicionado, generalmente será insuficiente y en consecuencia la temperatura del cuarto aumentará rápidamente si los muros tienen una baja capacidad calorífica, y lentamente si dicha capacidad es grande. Por tanto en cuartos con muros gruesos se presentan pequeñas fluctuaciones de temperatura, mientras que éstas pueden ser significativas en cuartos con muros delgados. (Fanger y Jonassen, 1974)

Para que los ocupantes de un cuarto experimenten sensación de comodidad, tanto el piso como los muros deben ser cálidos, puesto que las pérdidas por radiación y conducción serían de otra manera marcadamente apreciables. Así, los muros de alta capacidad calorífica son preferibles puesto que retienen una mayor temperatura durante las horas de la noche; los pisos de asfalto pierden mucho más calor que los de concreto, mientras que los de madera dura son muy buenos conservadores del calor. (Griffiths, 1976)

#### 4.5 Clima Artificial

El objetivo principal al crearse climas artificiales para la ocupación humana es que el ambiente térmico se adapte para que cada individuo esté en estado de confort térmico, lo cual es el propósito principal de la industria de calefacción y acondicionamiento del aire y es determinante en la industria de la construcción. (Fanger y Jonassen, 1974)

Al crear climas artificiales hay que tener cuidado de salvaguardar las

facultades adaptativas del ser humano para no atrofiarlas, permitiendo los procesos naturales de adaptación y conservar el poder termogénético en relación al habitat. (Misserard, 1955)

El aire acondicionado de acuerdo a Tromp (1963), puede ser definido como "el control de la temperatura, contenido de humedad y pureza del aire en un cuarto o edificio para crear un ambiente confortable para los ocupantes". Constituye uno de los sistemas más usados para crear un ambiente confortable abatiendo la carga térmica.

El objetivo principal del condicionamiento del aire es hacer el aire interior lo más apropiado para el propósito para el que va a ser destinado el local. Implica el completo control de la temperatura del aire, su contenido de humedad, filtración de partículas suspendidas, y en algunas ocasiones remoción de contaminantes gaseosos. (Page, 1963)

El principio básico del aire acondicionado es el hacer pasar una corriente de aire, a temperaturas normales o precalentadas, a través de una cámara humedecedora en la que es descargado un fino rocío de agua, siendo removidos los gases solubles y partículas suspendidas, produciéndose una corriente limpia saturada de agua de la cámara. Un dispositivo termostático controla la temperatura del aire que deja la cámara de rocío y también su contenido de vapor de agua; para reducir su contenido de vapor de agua, el aire debe ser enfriado por debajo del punto de rocío. (Tromp, 1963)

A pesar de sus beneficios en relación al confort térmico, el aire acondicionado puede también afectar la salud de las personas por posibles cambios bruscos.

En la zona de estudio el aire acondicionado debido a sus altos costos es practicable en edificios públicos, comercios y hoteles. La mayoría de la población utiliza ventiladores de techo, de piso o portátiles, así como el denominado "cooler".

## V EVALUACION BIOCLIMATICA

### 5.1 Indices Bioclimáticos

Al tratar de evaluar los efectos del bioclima en el ser humano, deberían considerarse simultáneamente los factores bioclimáticos principales (radiación, temperatura, humedad, ventilación). Por ello se han desarrollado fórmulas que combinan estos factores, denominándoseles genéricamente "índices bioclimáticos" o "escalas de confort", que representan básicamente índices térmicos y que hacen posible llevar a cabo una evaluación bioclimática.

Givoni (1974-2-), considera que un índice biometeorológico es "un método que permite la estimación del efecto combinado de los factores meteorológicos sobre el cuerpo humano".

Los índices bioclimáticos o biometeorológicos han sido establecidos a partir de la consideración de los diversos aspectos involucrados en el bienestar humano, y su principal finalidad es establecer el grado de confort de diferentes ambientes climáticos.

La mayoría de los índices bioclimáticos no consideran todos los aspectos involucrados, abocándose por lo general al desarrollo de índices basados principalmente en la temperatura y humedad del aire.

Muchos de los índices, además de explicarse mediante fórmulas, se auxilian para su mejor comprensión, de diagramas de confort climático. De ellos los más simples son los psicrométricos que relacionan varios parámetros, fundamentalmente la temperatura del bulbo seco, la humedad relativa y presión de vapor. (Fig. 8)

Otro ejemplo de diagramas de confort lo constituye el de Olgyay (1963), en el cual las temperaturas del bulbo seco se localizan en la ordenada y la humedad relativa en la abscisa. Se toman en cuenta en él los efectos del viento y de la radiación. (Fig. 9)

Al respecto del diagrama de Olgyay, Landsberg (1972) señala que en las temperaturas inferiores, el viento, aún en las áreas señaladas de confort, causa incomodidad; no obstante considera que puede resultar útil para una rápida evaluación de las condiciones meteorológicas, en cuanto a actividades al

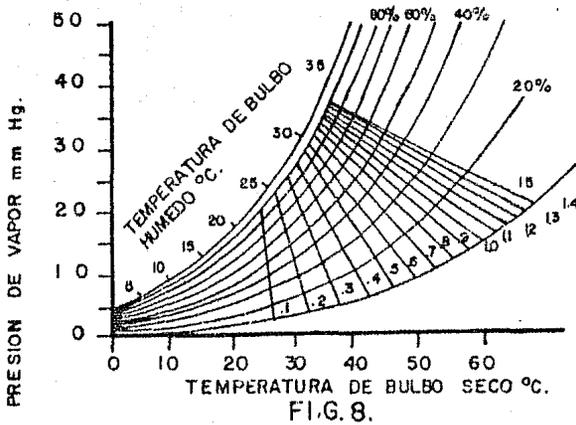


DIAGRAMA PSICROMETRICO DE ACUERDO A LEE Y HENSCHEL,1966.  
(TOMADO DE LANDSBERG,1972.)

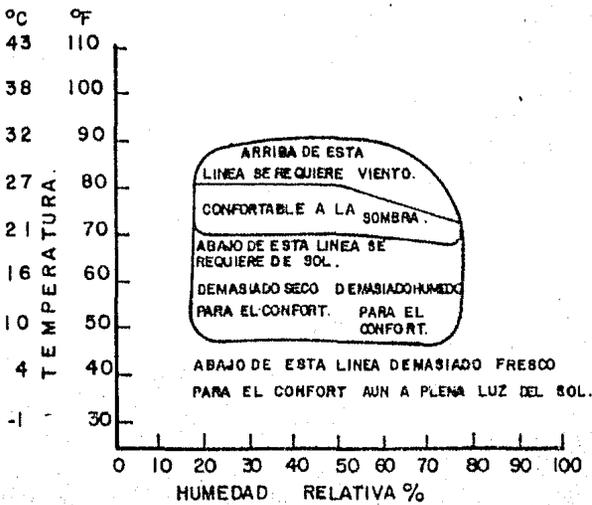


DIAGRAMA DE CONFORT CLIMATICO DE ACUERDO A OLGAY,1963.  
(REPRODUCIDO EN LANDSBERG,1972,A PARTIR DE NEWMAN,1966.)

aire libre.

Los índices desarrollados hasta el momento tienen limitaciones, y su aplicación práctica resulta difícil debido a las diferentes condiciones climáticas de cada lugar. Algunas de estas limitaciones surgen del hecho de que los experimentos en que se han basado para su desarrollo han sido llevados a cabo bajo muy diversas condiciones climáticas, siendo también diferentes los métodos experimentales. (Koenigsberger et al.)

En consecuencia cada uno de los índices es válido y útil sólo para un rango limitado de condiciones. Sin embargo, no obstante que sólo dan una primera aproximación a las condiciones bioclimáticas prevalecientes, permiten tener idea de las interrelaciones entre el ser humano y su ambiente climático, en cuanto a grados de bienestar y confort.

A partir de los años veinte se han desarrollado numerosos índices bioclimáticos. De ellos se describen a continuación algunos de los más difundidos.

#### 5.1.1 Índice de Confort (Terjung, 1966)

Este índice propuesto por Terjung en 1966, intenta integrar las sensaciones psicofisiológicas del ser humano en términos de temperatura del aire y humedad relativa. Considera un ambiente climático sujeto a condiciones de sombra o durante la noche, en ausencia de exposición a radiación solar directa y con la mínima exposición al movimiento del aire, considerando asimismo las reacciones subjetivas del ser humano. Ha sido aplicado por dicho autor a toda la Tierra, y calculado para cada mes del año. El índice específico para una estación en particular (día y noche) se deriva mediante graficar la máxima media diaria (día) o mínima (noche) de la temperatura del bulbo seco y la humedad relativa. Después de haber obtenido los resultados se elaboraron los mapas correspondientes, que generalmente no coinciden con los patrones establecidos por clasificaciones climáticas, debido a que no utilizan parámetros fisiológicos.

#### 5.1.2 Entalpia del Aire (Boher, 1964)

La entalpia del aire es un índice bioclimático que queda definido por la siguiente ecuación:

$$E = 0.24 \left( TH + \frac{1555}{P} Et \right), \text{ en donde:}$$

E = Entalpia del aire (kcal/kg)

TH = Temperatura del bulbo húmedo (°C)

P = Presión atmosférica (mm Hg)

Et = Presión de vapor de agua, saturado a una temperatura del aire (°C)

En relación a otros índices análogos como Temperatura Efectiva, Temperatura Equivalente, Temperatura del Bulbo Húmedo y Humedad, su valor radica en el hecho de que está expresado en la misma unidad física que el contenido total de calor del aire y la tasa metabólica de animales de sangre caliente, respectivamente (kcal/kg) y (kcal/kg/hr).

### 5.1.3 Humedad Relativa (Dreyfus, 1960)

Otro parámetro que sirve para evaluar el grado de incomodidad en un ambiente determinado, es la humedad relativa. El criterio de Dreyfus (1960), sostiene que sólo puede experimentarse comodidad en ambientes cuya humedad relativa fluctúe entre 20% y 70%.

De acuerdo a la investigación realizada por Soto y Jáuregui (1968), en el Noroeste de México se presentan los valores más bajos de la humedad relativa, alcanzando durante el invierno un 40% en las llanuras costeras de Sonora y Sinaloa, y 70% en la península de Baja California. En primavera se observa un patrón de distribución similar al de invierno, mientras que en el verano, aumentan de manera general en el país los valores de este parámetro, incluyendo al Noroeste, alcanzándose porcentajes entre 40% y 80%. Durante el otoño se aprecia un descenso en la humedad relativa, registrándose los valores más bajos en el Noroeste. Estos resultados pueden compararse con los de las figuras 13, 21, 29, 37, 45 y 53.

### 5.1.4 Temperatura del Bulbo Húmedo (Brooks, 1952)

Además de que en base a la temperatura del bulbo húmedo se realiza la medición de la humedad ambiente, constituye este parámetro, un índice bioclimático que de acuerdo a Brooks (1952), supone que el ser humano experimenta

incomodidad cuando se registran temperaturas del bulbo húmedo superiores a 20°C, representando los 25°C el límite inferior de la sensación de bochorno.

De acuerdo al estudio realizado por Soto y Jáuregui en 1967 en relación a la distribución en México de este índice, se encontró que durante la estación seca representada por el mes de enero, los valores de la temperatura del bulbo húmedo a las 14 horas son bajos, apreciándose en el norte de la península de Baja California la isolínea de 10° y en el sur de la misma, la de 15°. En Sonora y Sinaloa los valores registrados son de 5°, 10° y 15°. Durante la estación lluviosa aumenta la humedad y la temperatura del bulbo húmedo llega a 20° y 25°.

#### 5.1.5 Índice de Incomodidad (Sohar et al., 1978)

Este índice, propuesto por Sohar et al., en 1978, está definido por la semisuma de la temperatura del bulbo seco y la temperatura del bulbo húmedo.

El grado de incomodidad se determina mediante la aplicación de una tabla en la que se establecen, de acuerdo a los valores alcanzados por la semisuma de dichos parámetros, determinadas cargas de calor que van desde nula, que representa el confort ideal, hasta severa, en donde es arriesgado realizar trabajos en exposición a los rayos del sol.

CLASE	$TS+TH/2$ (°C)	CARGA DE CALOR	OBSERVACIONES
1	22	NULA	Confort ideal
2	22.1-24	LIGERA	Ligera sensación de calor
3	24.1-28	MCDERADA	Precaución al realizar trabajos físicos
4	28	SEVERA	Arriesgado realizar trabajos en exposición a los rayos del sol

Además de la evaluación mediante esta tabla, puede considerarse como un límite de comodidad los 24°C, a partir de los cuales se experimenta en términos generales incomodidad en relación al ambiente.

### 5.1.6 Índice de Incomodidad (Tennenbaum, 1961)

Este índice, similar al anterior, considera de acuerdo a su autor, que el ser humano experimenta incomodidad si la suma de las temperaturas del bulbo seco y húmedo es igual o superior a 48°C. En relación a ello, Jáuregui y Soto (1967) indican que la carga de calor expresada por este índice se correlaciona significativamente con las respuestas fisiológicas del cuerpo, tales como cantidad de líquido ingerido, temperatura rectal y cantidad de sudor.

El nivel de incomodidad experimentado a los 48° corresponde aproximadamente a una temperatura efectiva de 24°C (Landsberg, 1964); lo anterior se obtiene según este autor, mediante la expresión:

$$TE = 0.4 (TS+TH) + 4.8$$

De aquí que si  $TS+TH=48^{\circ}\text{C}$ , se obtiene una temperatura efectiva de 24°C. (Jáuregui y Soto, 1967)

### 5.1.7 Voto Medio Predecido (Fanger, 1970)

Para la evaluación de ambientes interiores desde el punto de vista bioclimático, se han desarrollado también índices como el denominado Voto Medio Predecido, propuesto por Fanger en 1970. Se basa en una escala psicofísica para un grupo grande de personas, como una función de la actividad, vestimenta y los cuatro parámetros ambientales principales. A partir de este índice se puede determinar el porcentaje predecido de incomodidad para un grupo numeroso de personas como una indicación del número de personas que se quejarían del ambiente, y es por lo tanto sugerido como una cifra significativa para evaluar la calidad térmica de un ambiente interior.

### 5.1.8 Tablas de Mahoney\*

Este método constituye una guía para el diseño arquitectónico; proporciona sugerencias para una óptima ubicación, orientación, forma y estructura de inmuebles, a través de la aplicación de cinco tablas que emplean la temperatura del aire, humedad y precipitación. Se establecen límites de confort, así como un diagnóstico e indicadores que dan lugar a ciertas recomendacio -

\* Se incluyen en Oliver (1973)

nes útiles para el diseño arquitectónico.

Este método se aplicó en dos de las estaciones estudiadas, una cercana a la costa (La Paz, B.C.S.), y una del interior (Hermosillo, Son.). Los resultados se incluyen en la sección correspondiente al análisis de cada una de ellas.

Para la evaluación bioclimática de la zona de estudio, se han considerado los siguientes aspectos.

#### Insolación

Directamente relacionada con la radiación solar, la insolación tiene como se sabe, una influencia determinante sobre los demás factores bioclimáticos. Se incluye la frecuencia de días despejados, así como frecuencia de días con lluvia; se considera a estos últimos como representativos en cierta forma de los días nublados de mayor importancia, los cuales se han omitido puesto que sus datos presentan en ocasiones ciertas incongruencias que podrían suscitar confusiones.

#### Temperatura

Se analiza la variación anual de la temperatura máxima y mínima, lo que da idea de los meses de mayor incomodidad, ya sea por calor o por frío, ya que estacionalmente la zona en cuestión presenta por lo general variaciones climáticas extremas. Se considera a la temperatura por sí sola, un índice bioclimático.

#### Humedad

La humedad, cuya variación diurna es inversa a la de la temperatura, está íntimamente relacionada con ella. El parámetro de humedad más empleado como índice bioclimático es la humedad relativa. Se utiliza también sin embargo la temperatura del bulbo húmedo, ya que expresa en otros términos los límites de confort en relación a la humedad ambiente.

#### Temperaturas del Bulbo Seco y Húmedo

El efecto combinado de las temperaturas del bulbo seco y húmedo da como resultado ciertos límites de comodidad. Uno de los índices que emplea ambos

parámetros, es el índice de incomodidad ideado por Sohar et al., en 1978, basado en la sensu-ma de los mismos, cuyo resultado se interpreta mediante una tabla de carga de calor, además de el límite de comodidad de 24°C.

Otro índice que emplea estos parámetros es el propuesto por Tennenbaum en 1961; establece que si el valor obtenido de la suma de ambos parámetros es superior o igual a 48°C, se experimenta sensación de incomodidad.

El índice preferentemente empleado en la presente evaluación es el de Sohar et al. (1978), ya que además de establecer un límite de comodidad, maneja como se señaló anteriormente, una tabla relacionada con la carga de calor, lo que da idea más completa del grado de incomodidad. Se comentan no obstante para efectos de comparación, los resultados del índice de Tennenbaum (1961).

### Ventilación

La naturaleza del viento superficial, en cuanto a su dirección e intensidad a lo largo de las diferentes épocas del año, principalmente durante el verano e invierno, permite apreciar la forma en como este factor puede atenuar o intensificar los efectos de incomodidad del bioclima, resultando por lo general positivo su efecto, ya que ayuda a disminuir la sensación de bochorno causada por el intenso calor característico del Noroeste de México, a través de las brisas, principalmente al mediodía y durante el verano.

### 5.2 Resultados

El análisis de los resultados de la zona de estudio se ha hecho en principio de manera individual con cada una de las estaciones consideradas, y finalmente en las conclusiones se contempla la zona en su conjunto.

En cada caso se señalan primeramente los aspectos físicos generales (localización, topografía, hidrología, clima).

Se comentan las características principales del bioclima de cada lugar, de acuerdo a los resultados obtenidos en relación a los aspectos considerados para la evaluación bioclimática.

### 5.2.1 ENSENADA, B.C.N.

#### Aspectos Físicos

Como su nombre lo indica, Ensenada se encuentra en una bahía, la de Todos Santos, a una altitud de 13 m, teniendo como coordenadas 31°53'N y 116° 38'W; el lado oeste de la ciudad da hacia la costa, frente a las aguas del Océano Pacífico.

La topografía de la zona queda representada por curvas de nivel entre 250 m, 500 m y 750 m, correspondientes a elevaciones de la Sierra de Juárez, hacia el este de la ciudad. (Fig. 10)

Ensenada no es atravesada por ningún río; hacia el norte de la ciudad, corre el río Guadalupe, y por el sur, el río San Carlos.

El clima característico es BSk(s) (e), Seco Estepario Templado con verano cálido. La temperatura media anual se encuentra entre 12°C y 18°C; la temperatura media del mes más frío, entre -3°C y 18°C, y la temperatura media del mes más cálido sobre 18°C. Es un clima extremoso por su oscilación térmica entre 7°C y 14°C; el régimen de lluvias es de invierno.

#### Insolación

Puesto que en Ensenada no se cuenta con heliógrafo en la estación correspondiente, no ha sido posible presentar datos y gráfica de insolación anual. Esta sin embargo puede apreciarse aunque de manera indirecta, a través del porcentaje de días despejados al año que constituye alrededor del 50%, concentrado principalmente en los meses de enero y noviembre. (Fig. 11)

El porcentaje de días con lluvia es muy bajo (6%), concentrado en los meses de febrero y marzo; siendo un clima seco, las lluvias son escasas a lo largo de todo el año. (Fig. 11)

#### Temperatura

Las temperaturas máximas a lo largo del año varían entre 20°C y 32°C, presentándose las más altas de junio a septiembre. Las temperaturas mínimas oscilan entre 5°C y 13°C a lo largo de todo el año, observándose las más bajas en los meses de invierno. Existe por tanto incomodidad no sólo por tempe

raturas muy altas, sino también por temperaturas bajas, inferiores a 17°C. (Fig. 12)

#### Humedad Relativa

A lo largo de las diferentes épocas del año, existe incomodidad en relación a la humedad relativa, ya que ésta supera en los meses representativos empleados el límite de comodidad superior correspondiente a 70%, llegando a alcanzarse hasta 92% en abril a las 0 hrs. Enero y abril presentan un patrón similar de variación, siendo la humedad relativa elevada en las primeras horas del día, descendiendo hacia el mediodía, y ascendiendo ligeramente a medida que cae la tarde, alrededor de las 18 hrs; es decir, su variación es inversa a la de la temperatura.

En el verano y otoño, el período de incomodidad se presenta más o menos constante a lo largo del día, observándose los valores máximos a las 12 hrs y 0 hrs., respectivamente, correspondientes a los meses de julio y octubre. (Fig. 13)

#### Temperatura del Bulbo Húmedo

De acuerdo al criterio de la temperatura del bulbo húmedo, no se experimenta incomodidad, ya que las temperaturas no alcanzan el límite de comodidad de 20°C, registrándose el máximo valor en octubre (20°C) a las 18 hrs. (Fig. 14)

#### Índice de Incomodidad (Sohar et al., 1978)

Los resultados de este índice reportan para los meses estudiados un 100% del tiempo con carga de calor nula, lo cual resulta extraño, dadas las elevadas temperaturas a lo largo del año, superiores a 30°C. (Fig. 15)

#### Índice de Incomodidad (Tennenbaum, 1961)

Asimismo de acuerdo a este índice tampoco se experimentan períodos de incomodidad, lo cual resulta incongruente por lo anteriormente citado. (Tabla If)

## Ventilación

### a) Intensidad

En cuanto a los vientos superficiales, la frecuencia de calmas es mayor durante las primeras horas del día, registrándose por lo general la más elevada alrededor de las 6 hrs, a excepción del mes de abril en que la mayor frecuencia de calmas se presenta a las 0 hrs. A medida que avanza el día a lo largo del año, disminuye la frecuencia de calmas fluctuando entre 18% en julio a las 18 hrs, y 48% en octubre a las 12 hrs. (Fig. 16)

Las intensidades medias del viento durante el día son por lo general más o menos constantes, observándose las mayores a las 12 hrs, siendo la máxima 2 m/s en abril, a las 12 hrs, y la mínima en julio, 1 m/s a las 6 hrs. (Fig. 16)

### b) Dirección

Las direcciones del viento que se presentan con mayor frecuencia son en verano por la mañana del N, y por la tarde N,NW,W y SW. (Figs. 59 y 60)

### c) Variación Estacional

En invierno las direcciones N y NW por la mañana son las más frecuentes, presentándose un alto porcentaje de calmas (68%). Por la tarde persisten las mismas direcciones. (Figs. 57 y 58)

Durante la primavera los vientos tanto por la mañana como por la tarde son del N, NW y W, presentándose después del mediodía algunas brisas del SW. (Tabla Ii)

Asimismo, los vientos presentes en la época otoñal tienen componente del N y W, tanto en el período matutino como en el vespertino. (Tabla Ii)

## Resumen

Puede observarse que de acuerdo a la temperatura, el bioclima de Ensenada es bastante extremo ya que la oscilación entre las temperaturas es elevada a lo largo de todo el año, experimentándose incomodidad por calor de junio a septiembre, y por frío, en los meses invernales principalmente.

No obstante las elevadas temperaturas, es de hacer notar, que de acuerdo a los índices de incomodidad que emplean la suma y semisuma de la temperatura del bulbo seco y húmedo, la carga de calor a lo largo del año aparece como nula en el 100% del tiempo.

Por otra parte, se presenta incomodidad por humedad excesiva durante las primeras horas del día, lo cual no es precisamente representativo de un ambiente incómodo, ya que los porcentajes elevados de humedad relativa se presentan en las primeras horas del día cuando las temperaturas son relativamente bajas.

El predominio a lo largo de las diferentes épocas del año, de las direcciones N y NW, está determinado básicamente por la influencia del anticiclón del Pacífico nororiental, situado al noroeste de la zona de estudio, y que genera vientos del N, NW y W.

Puesto que en Ensenada la costa ve al poniente, las direcciones SW, W y NW, corresponden a vientos provenientes del mar, y en consecuencia es aire fresco que reduce el bochorno de las horas del mediodía en los meses calurosos de junio a septiembre.

Los vientos del N y NW corresponden en la época fría de invierno y primavera, a las invasiones de aire polar que abaten la temperatura y consecuentemente, si ésta desciende a menos de 17°C, reducen el confort.

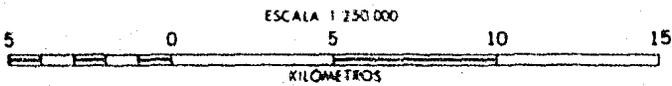
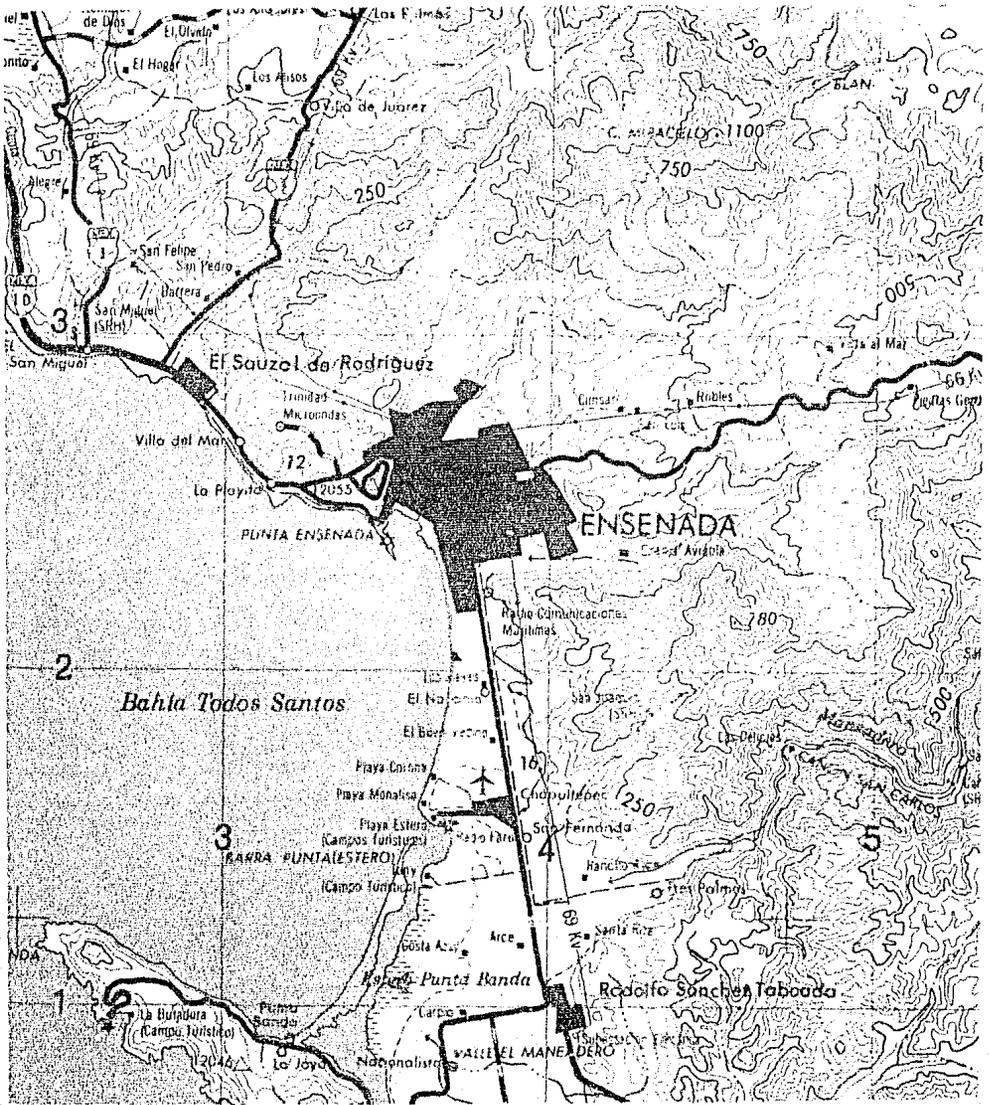


Fig. 10

FRECUENCIA DE DIAS DESPEJADOS Y CON LLUVIA EN ENSENADA, B.C.N. PERIODO 1971-1975

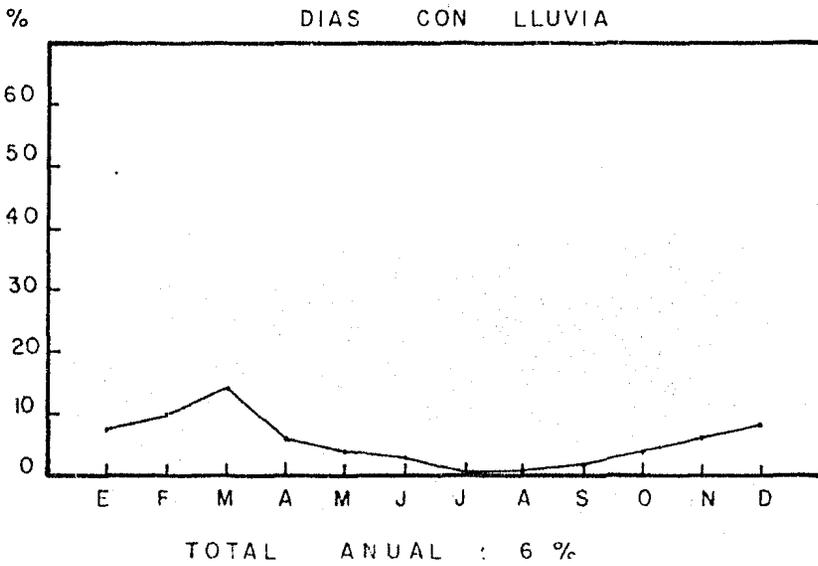
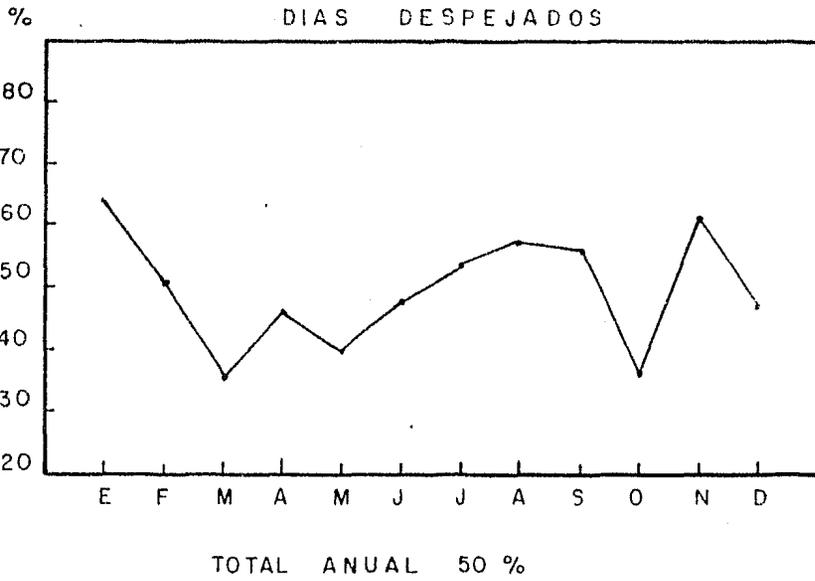
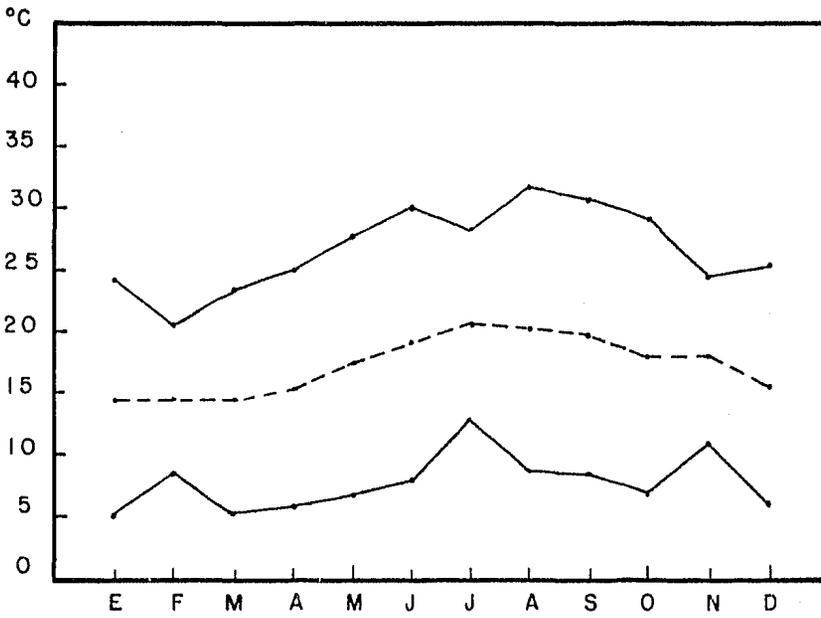


FIG. II

VARIACION ANUAL DE LA TEMPERATURA  
 MAXIMA Y MINIMA EN ENSENADA, B.C.N.  
 PERIODO 1975-1976.



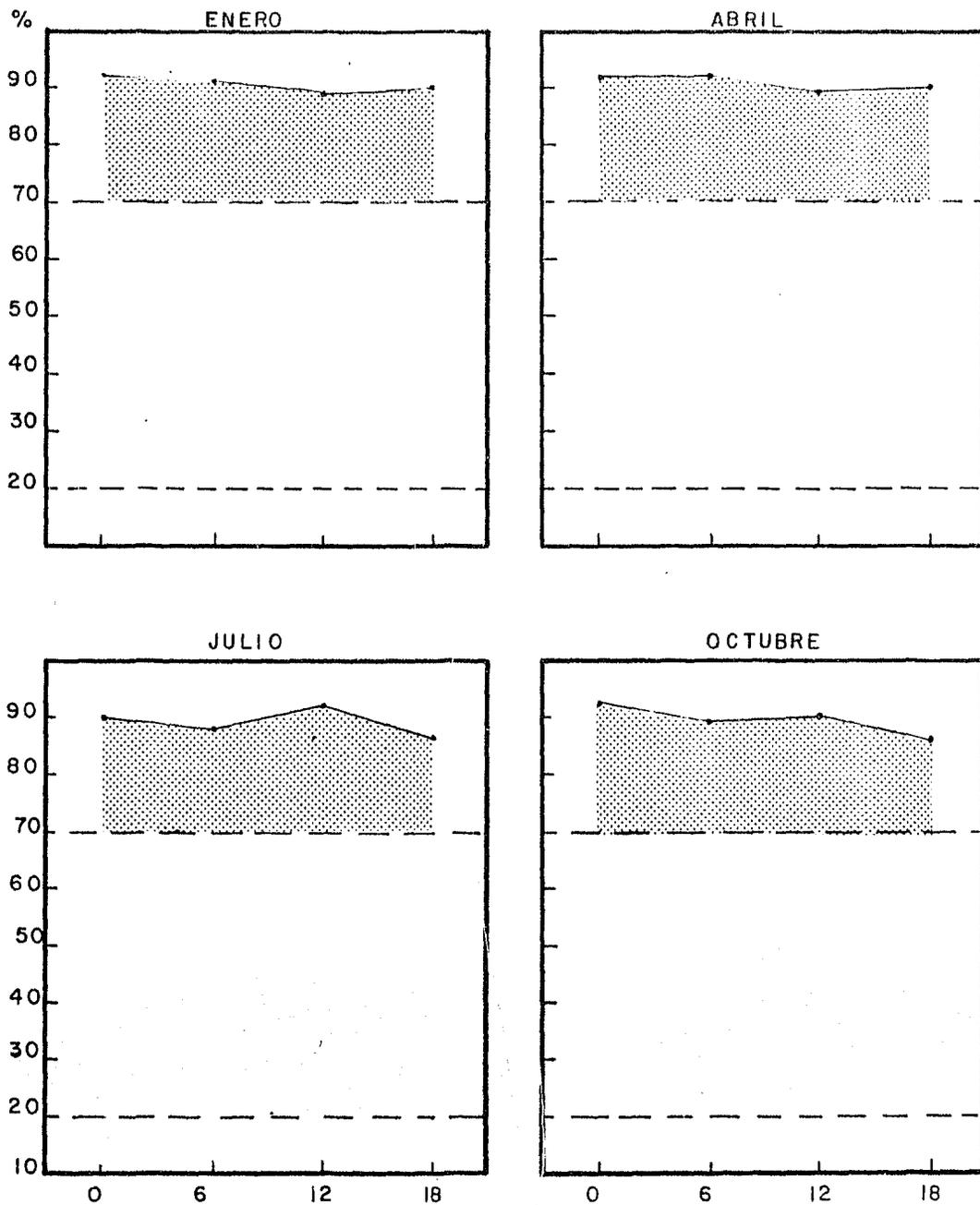
TEMPERATURA MEDIA -----



FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS  
 COLEGIO DE GEOGRAFIA

FIG. 12

VARIACION DIURNA DE LA HUMEDAD RELATIVA  
 EN ENSENADA, B.C.N. DURANTE LOS MESES DE:  
 ENERO, ABRIL, JULIO Y OCTUBRE. PERIODO 1975.



LIMITES DE COMODIDAD ( 20 % Y 70% ) -----

FIG. 13

VARIACION DIURNA DE LA TEMPERATURA DEL  
 BULBO SECO Y HUMEDO EN ENSENADA, B.C.N.  
 DURANTE LOS MESES DE ENERO, ABRIL, JULIO  
 Y OCTUBRE. PERIODO 1975.

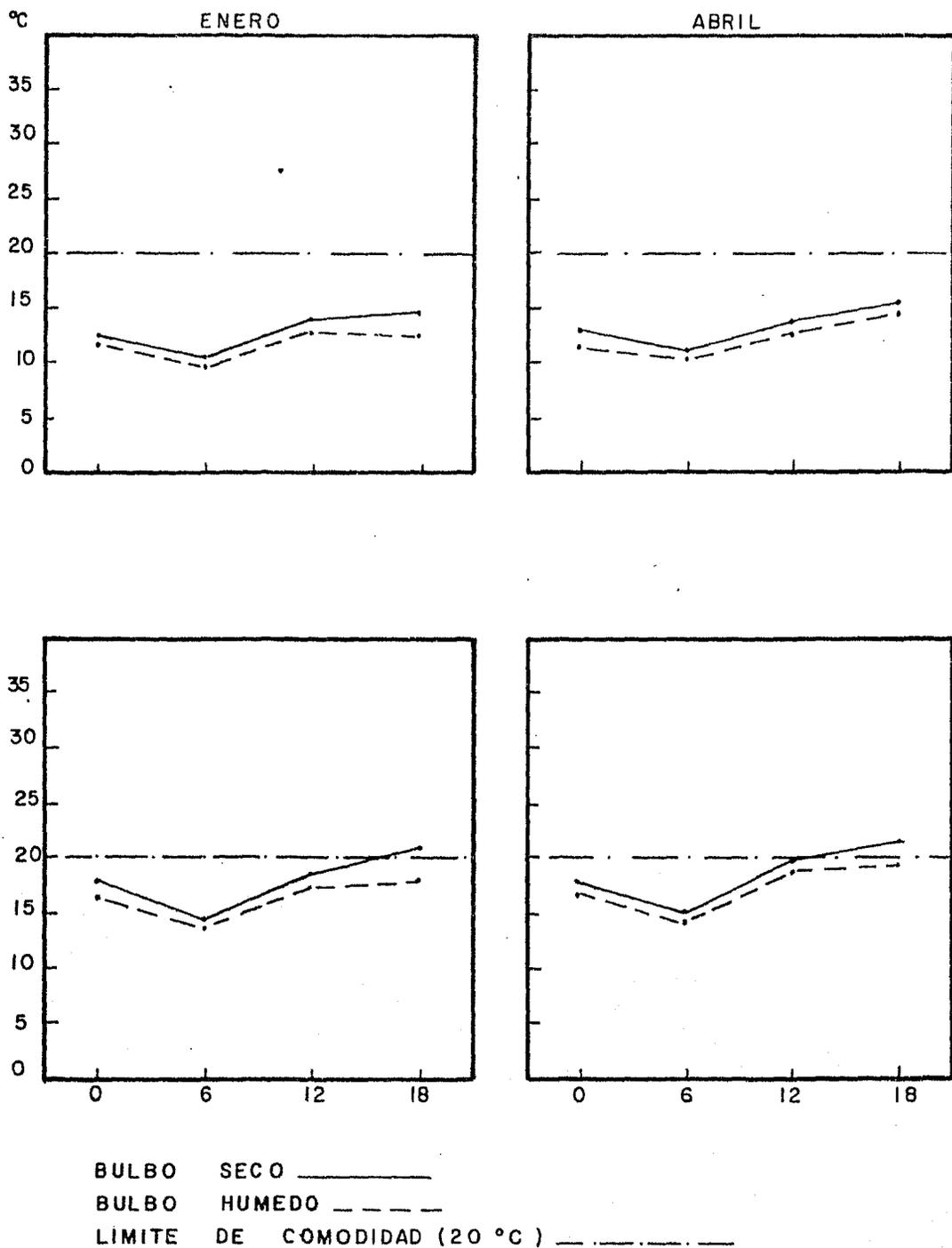


FIG. 14

VARIACION DIURNA DEL INDICE DE INCOMODIDAD  
 (TS+TH/2) EN ENSENADA, B.C.N. DURANTE LOS  
 MESES DE ENERO, ABRIL, JULIO Y OCTUBRE.  
 PERIODO 1975

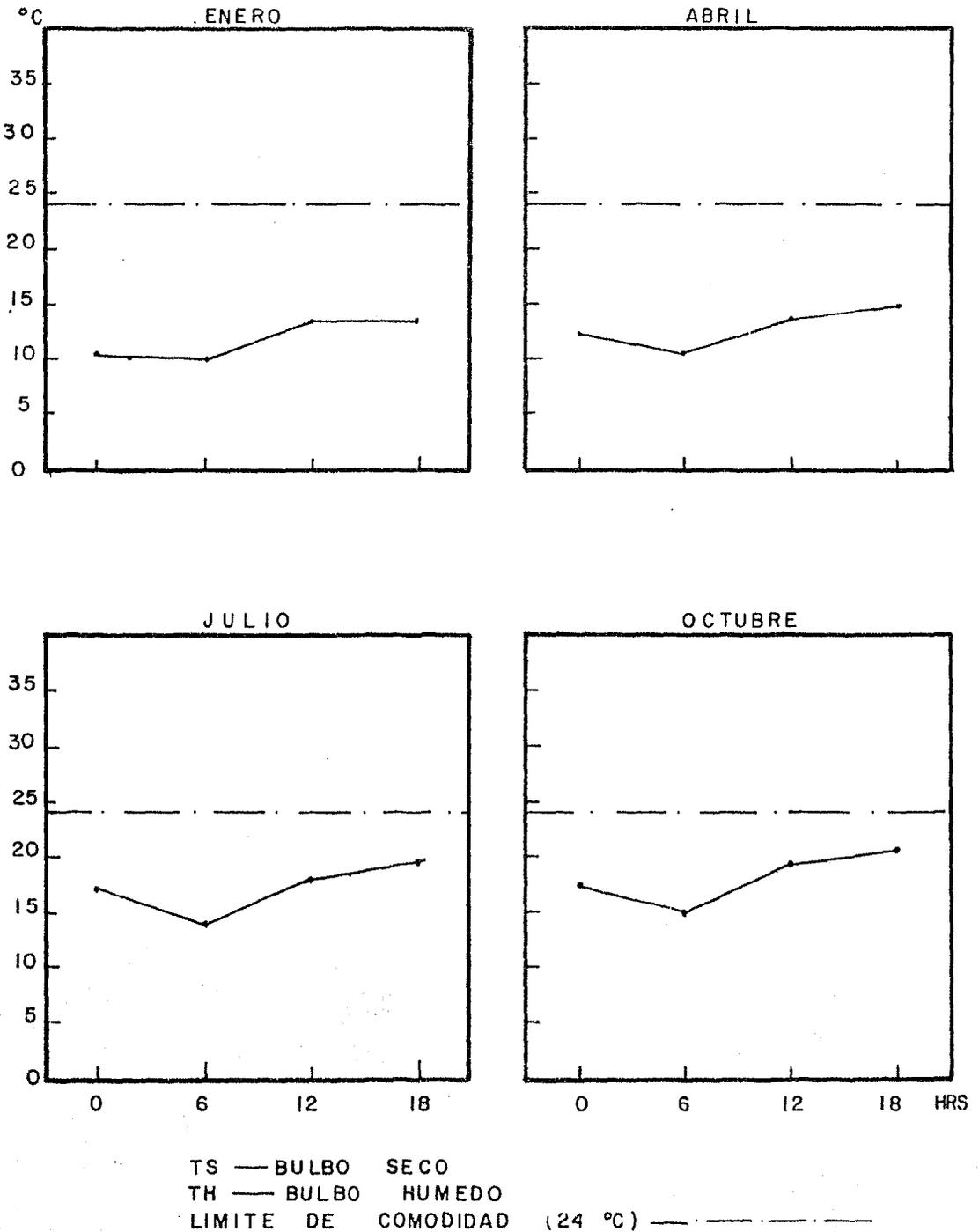


FIG. 15

VARIACION DIURNA DE LA INTENSIDAD MEDIA DEL VIENTO EN ENSENADA, B.C.N. DURANTE LOS MESES DE ENERO, ABRIL, JULIO Y OCTUBRE. PERIODO 1975 - 1976.

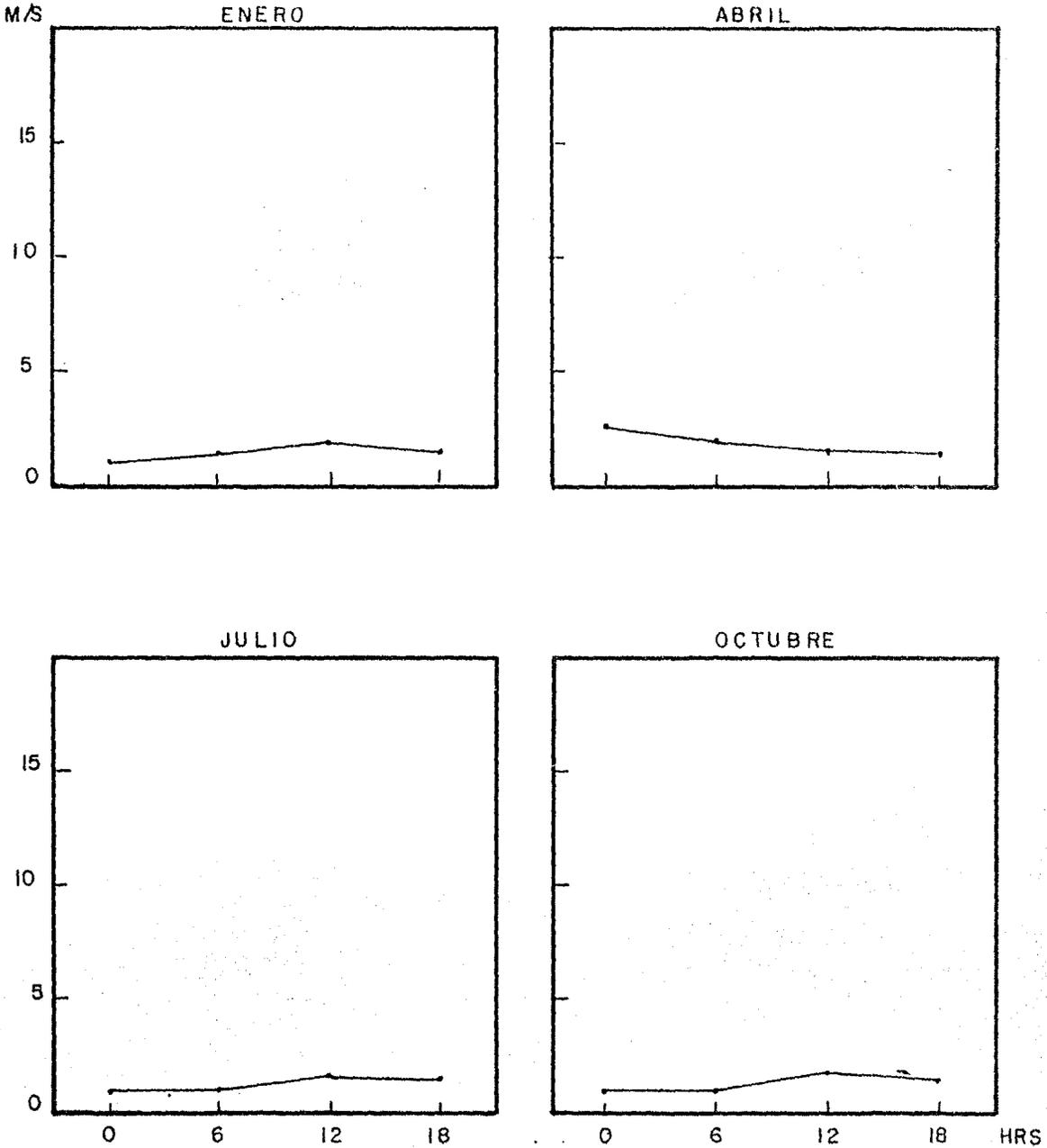


FIG. 16

Tabla Ia

Mes	ENSENADA, B.C.N.											
	DIAS DESPEJADOS											
PERIODO: 1971-1975												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
No. Días	19	15	11	14	12	15	16	17	17	11	19	14
%	64	51	37	47	40	49	55	58	57	37	63	48

Tabla Ib

No. Días %	ENSENADA, B.C.N.											
	DIAS CON LLUVIA											
PERIODO: 1971-1975												
No. Días	3	3	4	2	1	1	0	0	1	1	2	2
%	9	11	15	7	4	3	0	1	3	4	7	8

Tabla Ic

	ENSENADA, B.C.N.											
	TEMPERATURA °C											
PERIODO: 1975-1976												
Máx.	24	21	24	25	28	30	28	32	31	29	25	25
Mín.	5	9	5	6	7	8	13	9	9	7	11	6
Med.	15	15	15	16	18	19	21	20	20	18	18	16
Osc.	19	12	19	19	21	22	15	23	22	22	14	19

Tabla Id

Mes/hrs	ENSENADA, B.C.N.			
	HUMEDAD RELATIVA %			
PERIODO: 1975				
	00	06	12	18
ENERO	92	91	89	90
ABRIL	92	92	89	90
JULIO	90	88	92	86
OCTUBRE	92	89	90	86

ENSENADA, B.C.N.

Tabla II  
INTENSIDAD MEDIA  
Y FRECUENCIA DE CALMAS (m/s)

Horas	ENERO 06	12	18	69	12	18
Int.	1	1	2	2	2	2
Calmas	60	76	34	39	69	37

JULIO

Int.	1	1	2	1	1	2
Calmas	84	92	44	18	68	87

ENSENADA, B.C.N.

Tabla Ii  
DIRECCION DEL VIENTO (%)  
Y CALMAS (%)

Horas	Frecuencia(%) / Intensidad (m/s)		SE		S		SW		NW	C
	N	NE	E'	E	S	SW	SW			
00-06	15-1	0-0	2-4	0-0	7-1	1-1	1-1	1-1	61	68
12-18	20-2	0-0	2-3	0-0	10-2	1-5	1-5	1-5	37	37

ABRIL

Horas	16-1	0-0	1-2	1-3	1-1	2-3	7-1	61
00-06	16-1	0-0	1-2	1-3	1-1	2-3	7-1	61
12-18	24-2	0-0	0-0	1-2	2-1	4-2	20-2	33

JULIO

Horas	11-1	0-0	0-0	0-0	0-0	0-0	0-0	15-1
00-06	11-1	0-0	0-0	0-0	0-0	0-0	0-0	15-1
12-18	36-2	0-0	0-0	0-0	2-3	4-2	10-2	38-2

OCTUBRE

Horas	5-1	0-0	0-0	0-0	2-2	1-2	15-1
00-06	5-1	0-0	0-0	0-0	2-2	1-2	15-1
12-18	15-2	0-0	0-0	0-0	2-2	2-5	38-2

PERIODO: 1975-1976

PERIODO: 1975-1976

Tabla Ia

Mes	ENSENADA, B.C.N.											
	DIAS DESPEJADOS											
PERIODO: 1971-1975												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
No. Días	19	15	11	14	12	15	16	17	17	11	19	14
%	64	51	37	47	40	49	55	58	57	37	63	48

Tabla Ib

	ENSENADA, B.C.N.											
	DIAS CON LLUVIA											
PERIODO: 1971-1975												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
No. Días	3	3	4	2	1	1	0	0	1	1	2	2
%	9	11	15	7	4	3	0	1	3	4	7	8

Tabla Ic

	ENSENADA, B.C.N.											
	TEMPERATURA °C											
PERIODO: 1975-1976												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Máx.	24	21	24	25	28	30	28	32	31	29	25	25
Mín.	5	9	5	6	7	8	13	9	9	7	11	6
Med.	15	15	15	16	18	19	21	20	20	18	18	16
Osc.	19	12	19	19	21	22	15	23	22	22	14	19

Tabla Id

Mes/hrs	ENSENADA, B.C.N.			
	HUMEDAD RELATIVA %			
PERIODO: 1975				
	00	06	12	18
ENERO	92	91	89	90
ABRIL	92	92	89	90
JULIO	90	88	92	86
OCTUBRE	92	89	90	86

Tabla Ie

ENSENADA, B.C.N.      TEMPERATURA ° C      PERIODO: 1975

Mes/hrs	BULBO SECO (TS)				BULBO HUMIDO (TH)			
	00	06	12	18	00	06	12	18
ENERO	13	10	14	15	12	10	13	13
ABRIL	13	11	14	15	12	10	13	14
JULIO	18	14	19	21	17	14	18	18
OCTUBRE	18	15	20	22	18	15	19	20

Tabla If

ENSENADA, B.C.N.      TS+TH Y TS+TH/2 °C      PERIODO: 1975

Mes/hrs		00	06	12	18
ENERO	TS+TH	25	20	27	27
	TS+TH/2	12	10	14	14
ABRIL	TS+TH	25	22	27	30
	TS+TH/2	12	11	14	15
JULIO	TS+TH	35	29	36	39
	TS+TH/2	17	14	18	20
OCTUBRE	TS+TH	35	30	39	41
	TS+TH/2	18	15	19	21

Tabla Ig

ENSENADA, B.C.N.      CARGA DE CALOR      PERIODO: 1975

(TS+TH/2)

Clase/Mes	ENE	ABR	JUL	OCT
	No. de Eventos/ Frecuencia %			
1	4-100	4-100	4-100	4-100
2	-	-	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-

Tabla Ih

ENSENADA, B.C.N.

INTENSIDAD MEDIA DEL VIENTO (m/s)  
Y FRECUENCIA DE CALMAS (%)

PERIODO:1975-1976

Horas	ENERO				ABRIL			
	00	06	12	18	00	06	12	18
Int.	1	1	2	2	2	2	2	2
Calmas	60	76	34	39	69	53	30	37

Int.	JULIO				OCTUBRE			
	1	1	2	1	1	1	2	2
Calmas	84	92	44	18	68	87	48	36

Tabla Ii

ENSENADA, B.C.N.

DIRECCION DEL VIENTO (%)  
Y CALMAS (%)

PERIODO:1975-1976

ENENERO Horas	Frecuencia(%) / Intensidad (m/s)								
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C
00-06	15-1	0-0	2-4	0-0	7-1	1-1	3-2	5-1	68
12-18	20-2	0-0	2-3	0-0	10-2	1-5	6-2	26-1	37

ABRIL									
Horas	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C
00-06	16-1	0-0	1-2	1-3	1-1	2-3	7-2	13-2	61
12-18	24-2	0-0	0-0	1-2	2-1	4-2	20-2	16-2	33

JULIO									
Horas	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C
00-06	11-1	0-0	0-0	0-0	0-0	0-0	0-0	1-1	88
12-18	36-2	0-0	0-0	0-0	2-3	4-2	10-2	19-1	31

OCTUBRE									
Horas	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C
00-06	5-1	0-0	0-0	0-0	0-0	2-2	1-2	15-1	78
12-18	15-2	0-0	0-0	0-0	0-0	2-2	2-5	38-2	44

## 5.2.2 LA PAZ, B.C.S.

### Aspectos Físicos

Ubicada en la bahía del mismo nombre, La Paz se encuentra a 19 m de altitud y a 24°9' de latitud norte y 110°20' de longitud oeste.

La zona montañosa, cercana a la ciudad, corresponde a la Sierra de San Lázaro; se localiza hacia el este, sur y sureste, presentando altitudes entre 500 y 100 m. (Fig. 17)

La ciudad no presenta corrientes de agua superficiales; hacia el sur de La Paz descienden hacia el Pacífico pequeñas corrientes fluviales.

El clima corresponde al BW(h')hw(e), Seco Desértico, cálido con temperatura media anual sobre 22°C y temperatura media del mes más frío bajo 18°C; el régimen de lluvias es de verano con porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2; es un clima extremo por su oscilación térmica, entre 7°C y 14°C.

### Insolación

La insolación total anual es de 2938 horas; mayo y junio principalmente son los meses con mayor insolación, 303 y 300 horas respectivamente, siendo los meses con menos insolación, enero(185 horas) y diciembre(190 horas). (Fig. 18)

### Días Despejados y Días con Lluvia

Alrededor de un 83% de los días en La Paz son despejados y tan sólo un 5% presentan lluvias. (Fig. 19)

Los meses con cielos despejados abarcan de marzo a junio principalmente y también en noviembre. Los días con lluvia se concentran en los meses de septiembre y agosto.

### Temperatura

Las temperaturas máximas más altas se presentan de marzo a noviembre y son por lo general superiores a 30°C. Las mínimas más bajas se registran de enero a mayo y en noviembre en que son inferiores a 17°C, oscilando entre 11°C y 15°C. (Fig. 20)

### Humedad Relativa

Los valores de humedad relativa reportan para octubre incomodidad ambiental de las 0 a las 6 horas, en que dicho parámetro presenta una variación ascendente alcanzándose a las 0 hrs 72%, y a las 6 hrs 77%, para luego descender bruscamente hasta 48% a las 12 hrs. (Fig. 21)

### Temperatura del Bulbo Húmedo

Se presenta en julio un período de incomodidad por calor de las 6 a las 18 hrs, ya que la temperatura del bulbo húmedo supera el límite de 20°C, teniendo lugar el valor más alto a las 12 hrs (23°C), manteniéndose prácticamente constante a lo largo de dicho lapso. En octubre también se experimenta incomodidad a partir de las 12 hrs en que se alcanzan 22°C, hasta las 18 hrs, con 21°C. (Fig. 22)

### Índice de Incomodidad (Sohar et al., 1978)

Por lo que respecta a este índice, en enero y abril no tienen lugar ambientes sofocantes ya que en el 100% del tiempo la carga de calor reportada es nula. En julio y octubre las cargas de calor se acentúan, correspondiendo al primer mes, un 50% de carga de calor nula, un 25% moderada, y un 25% severa. Para octubre es menos crítica la situación, puesto que el 50% de la carga de calor es nula y el otro 50% restante es moderada. (Fig. 23)

### Índice de Incomodidad (Tennenbaum, 1961)

La aplicación del criterio del índice de Tennenbaum reporta asimismo para los mismos meses de julio y octubre ambientes bochornosos. El patrón de variación en ambos meses es similar, iniciándose el período crítico alrededor de las 9 horas y alcanzando su máximo valor a las 12 hrs, 57°C y 52°C respectivamente, para descender después por la tarde. (Tabla IIg)

### Ventilación

#### a) Intensidad

Octubre es el mes con mayor frecuencia de calmas, alrededor del 47%. Por lo general las frecuencias de calmas son bajas, fluctuando entre 0% (abril, 12 hrs) y 47% (octubre, 6 hrs). (Tabla IIIi)

La intensidad del viento se mantiene más o menos constante a lo largo del día durante todo el año. La intensidad más alta se presenta en enero y en abril, a las 12 hrs y 18 hrs respectivamente, siendo de 6 m/s; la menor se registra en enero y octubre a las 0 hrs, en ambos meses con un valor de 3 m/s. (Tabla III)

#### b) Dirección

Las direcciones que se registran con mayor frecuencia son NE, NW, N, S y SW; dentro de ellas la dirección que registra intensidades más altas es NE, correspondiendo la mayor a NE 8 m/s en abril durante el período de las 12 hrs a las 18 hrs, lapso en el que se verifican las intensidades más altas. (Tabla IIj)

#### c) Variación Estacional

En el invierno, tanto por la mañana como por la tarde, el viento dominante es del NE, el cual corresponde a brisas marinas. (Figs. 57 y 58)

En esta época fría se observa la llegada a La Paz de los vientos fríos del N y NW (Coromuel), que enfrían el ambiente y que constituyen la llegada de aire marítimo polar que trae como consecuencia aumento de nubosidad, aunque de escasas precipitaciones.

En el verano los vientos dominantes son del S y SW, y corresponden a terrales. (Figs. 59 y 60)

Durante la primavera predominan por la mañana terrales del S y SW; por la tarde se presentan brisas del N, NW y NE, de altas intensidades.

Los vientos que soplan en el otoño son en todas direcciones. Por la mañana son más significativos los terrales, con direcciones S y SW; por la tarde se acentúan notablemente las brisas del N, NE y NW. (Tabla IIj)

#### Diseño Arquitectónico

La aplicación del método de Mahoney da como resultado las siguientes recomendaciones:

1. Los edificios deben estar orientados en dirección este-oeste para reducir la exposición al sol.

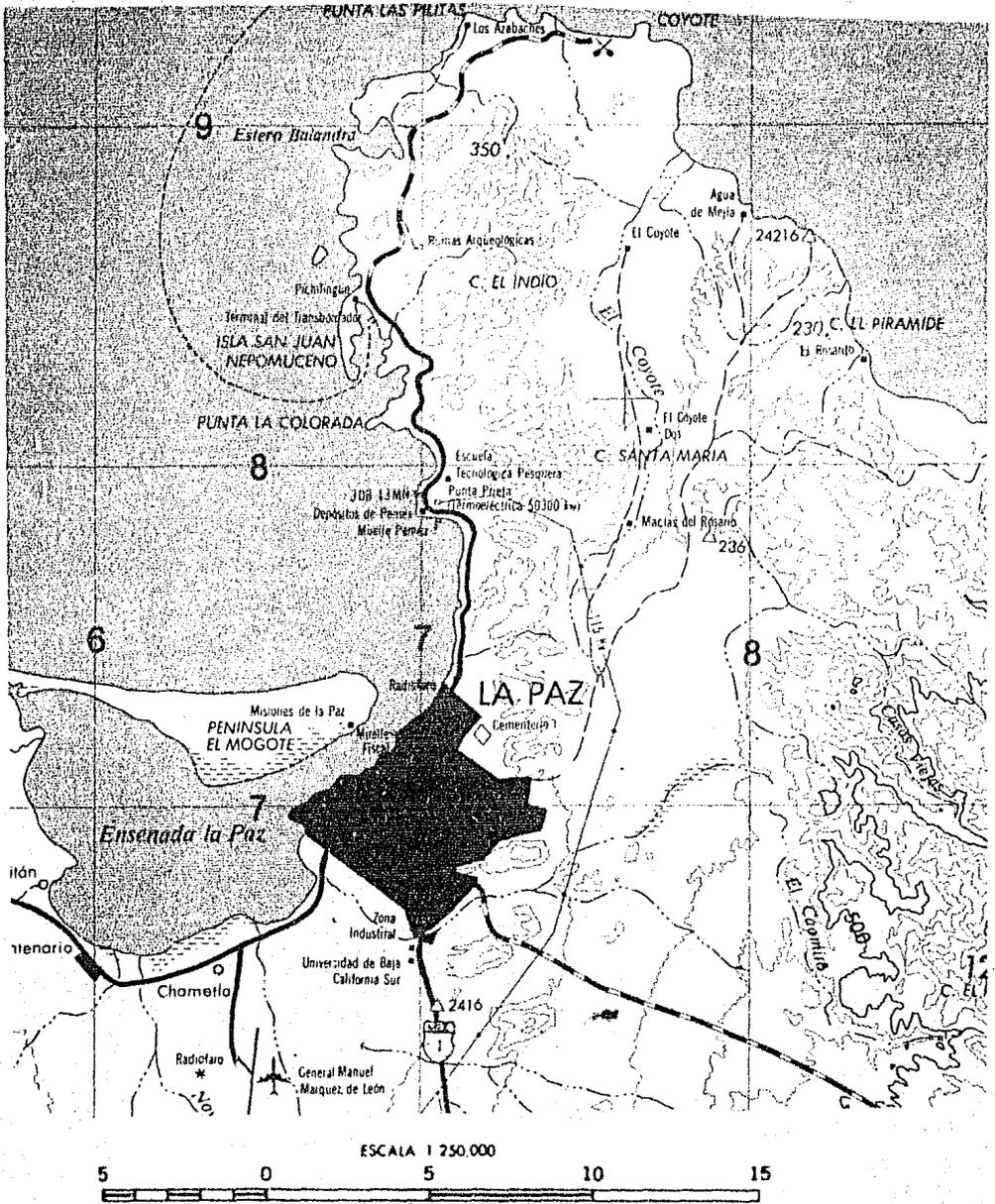
2. Espacios abiertos para penetración de la brisa, pero protegiendo del viento frío cálido,
3. Paredes externas e internas gruesas
4. Techos gruesos

#### Resumen

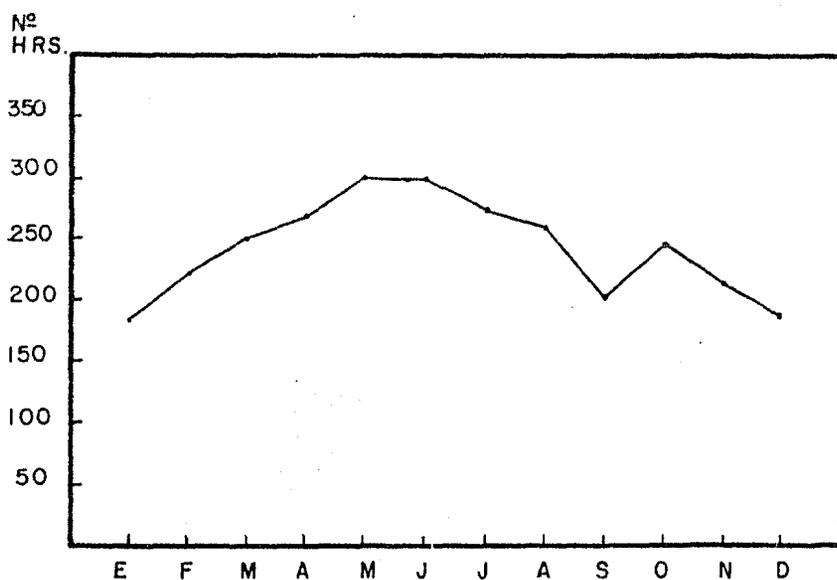
En base a los diferentes aspectos considerados, se aprecia que las épocas del año en que el ambiente resulta bochornoso son el verano y el otoño, principalmente a partir del mediodía debido tanto al calor como a la humedad relativa, considerando además la elevada insolación de la zona.

Las brisas juegan un importante papel a lo largo del año al refrescar el ambiente, básicamente después del mediodía, esto debido a que en La Paz los vientos más frecuentes con direcciones N, NW y NE, vienen del mar y en consecuencia son frescos y alivian la incomodidad, lo que resulta especialmente grato durante el verano. Por el contrario, los vientos del S, SE y SW constituyen terrales que generalmente son de poca intensidad y soplan por la noche.

El invierno y primavera son las épocas de menor sofocamiento desde el punto de vista de la temperatura y la humedad, y resultan por tanto las épocas más gratas para el ser humano.



VARIACION ANUAL DE LA INSOLACION  
LA PAZ , B.C.S. - PERIODO 1975 - 1979



INSOLACION TOTAL ANUAL : 2938 HRS.

FIG.18

FRECUENCIA DE DIAS DESPEJADOS Y  
 CON LLUVIA EN LA PAZ, B.C.S.

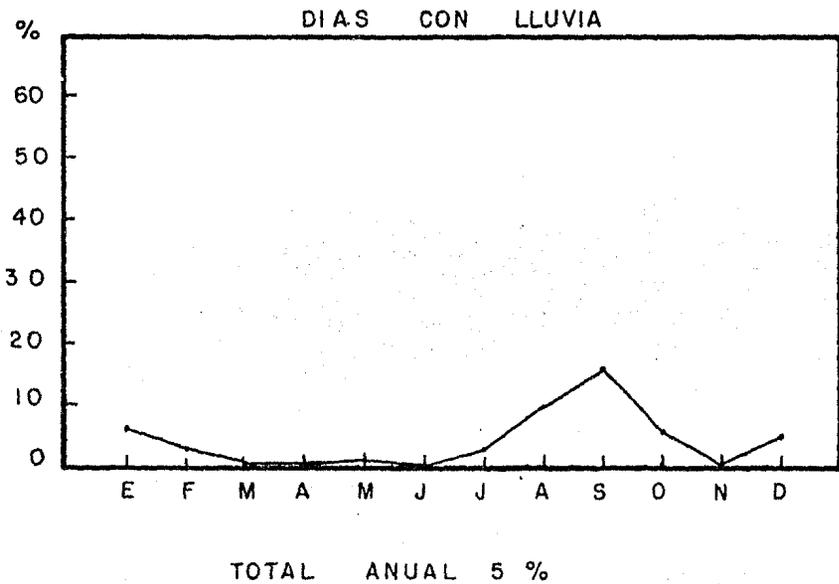
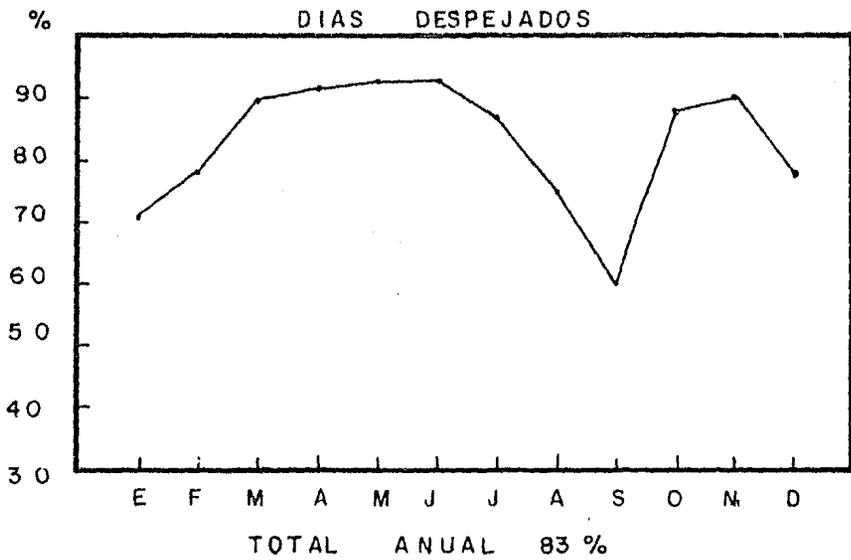
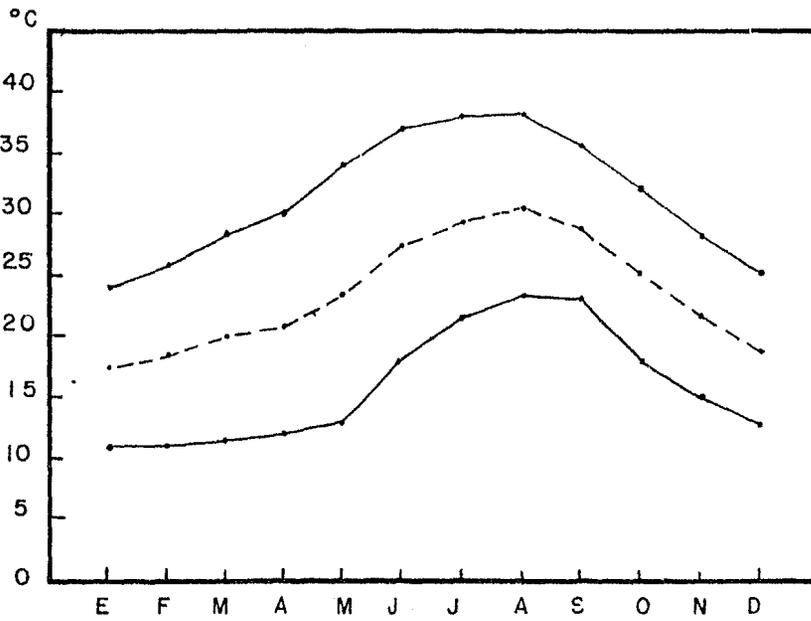


FIG.19

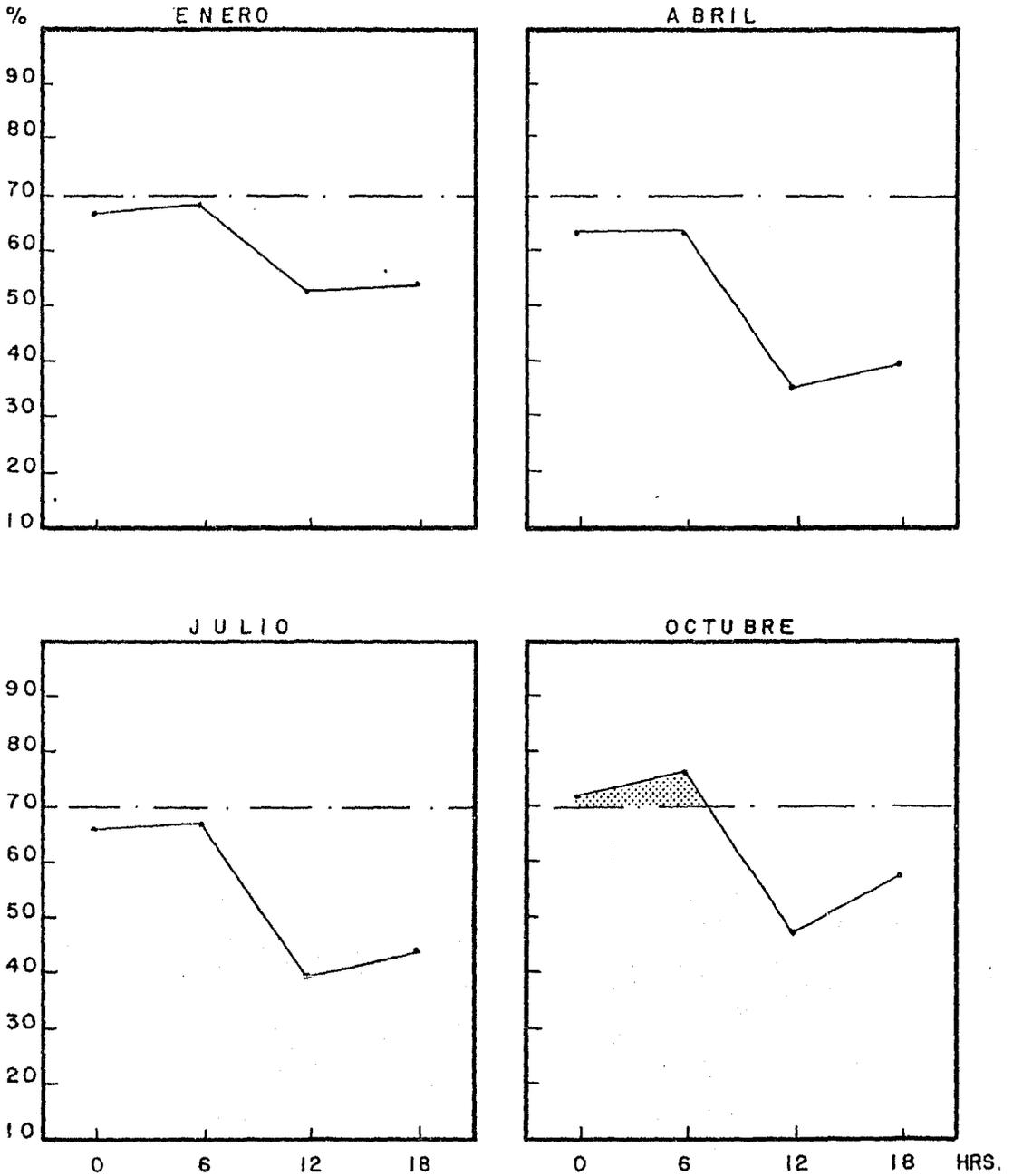
VARIACION ANUAL DE LA TEMPERATURA  
MAXIMA Y MINIMA EN LA PAZ , BCS.  
PERIODO 1975- 1976



TEMPERATURA MEDIA - - - - -

FIG.20

VARIACION DIURNA DE LA HUMEDAD RELATIVA EN LA PAZ,  
 B.C.S. DURANTE LOS MESES DE ENERO, ABRIL, JULIO Y OCTUBRE.  
 PERIODO 1975-1976.



LIMITE DE COMODIDAD (20% y 70%) ————

FIG.21

VARIACION DIURNA DE LA TEMPERATURA DEL BULBO SECO Y HUMEDO EN LA PAZ, B.C.S. DURANTE LOS MESES DE ENERO, ABRIL, JULIO Y OCTUBRE. PERIODO 1975-1976.

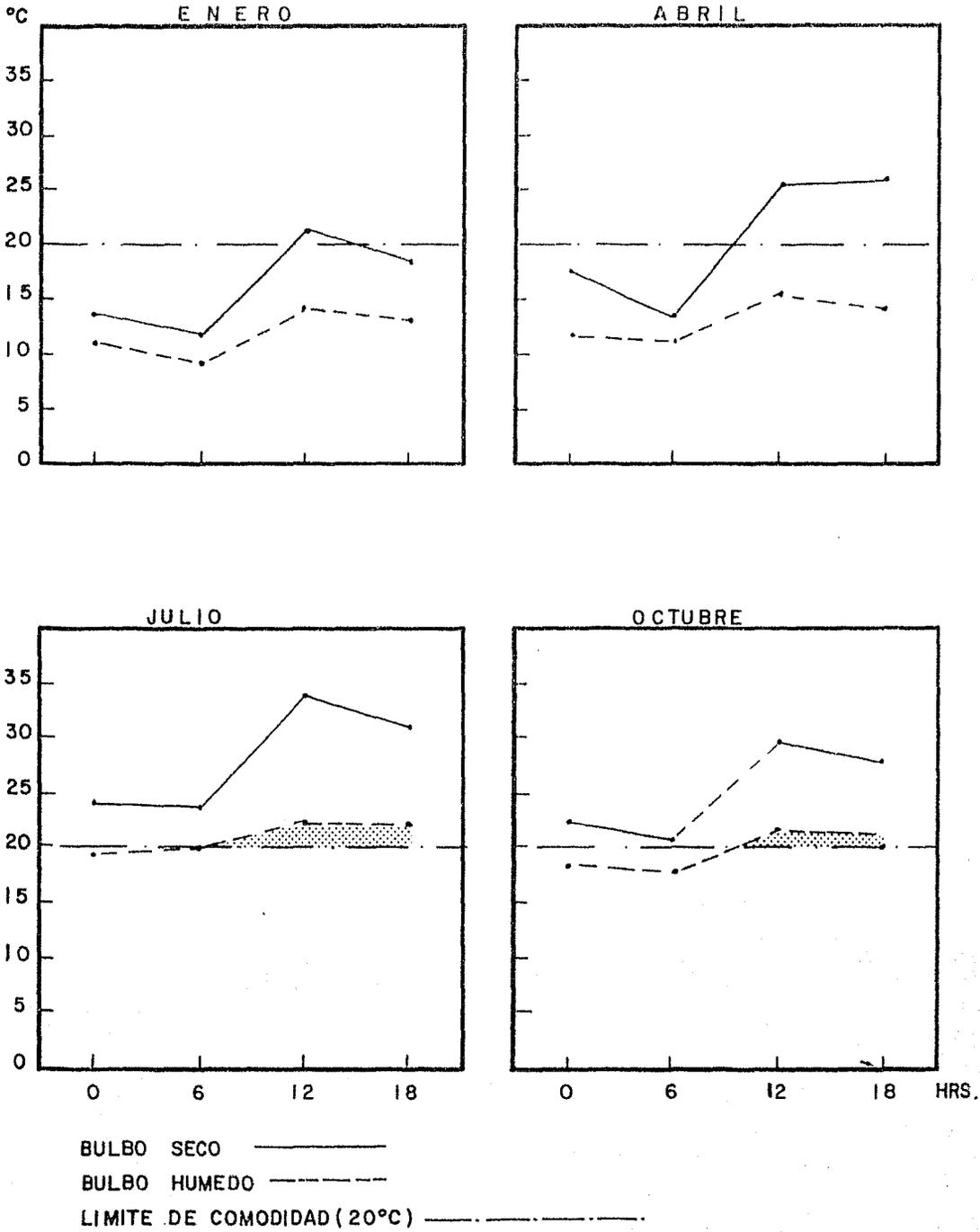


FIG. 22

VARIACION DIURNA DEL INDICE DE INCOMODIDAD (TS+TH/2)  
 EN LA PAZ, B.C.S. DURANTE LOS MESES DE ENERO, ABRIL,  
 JULIO Y OCTUBRE. PERIODO 1975-1976.

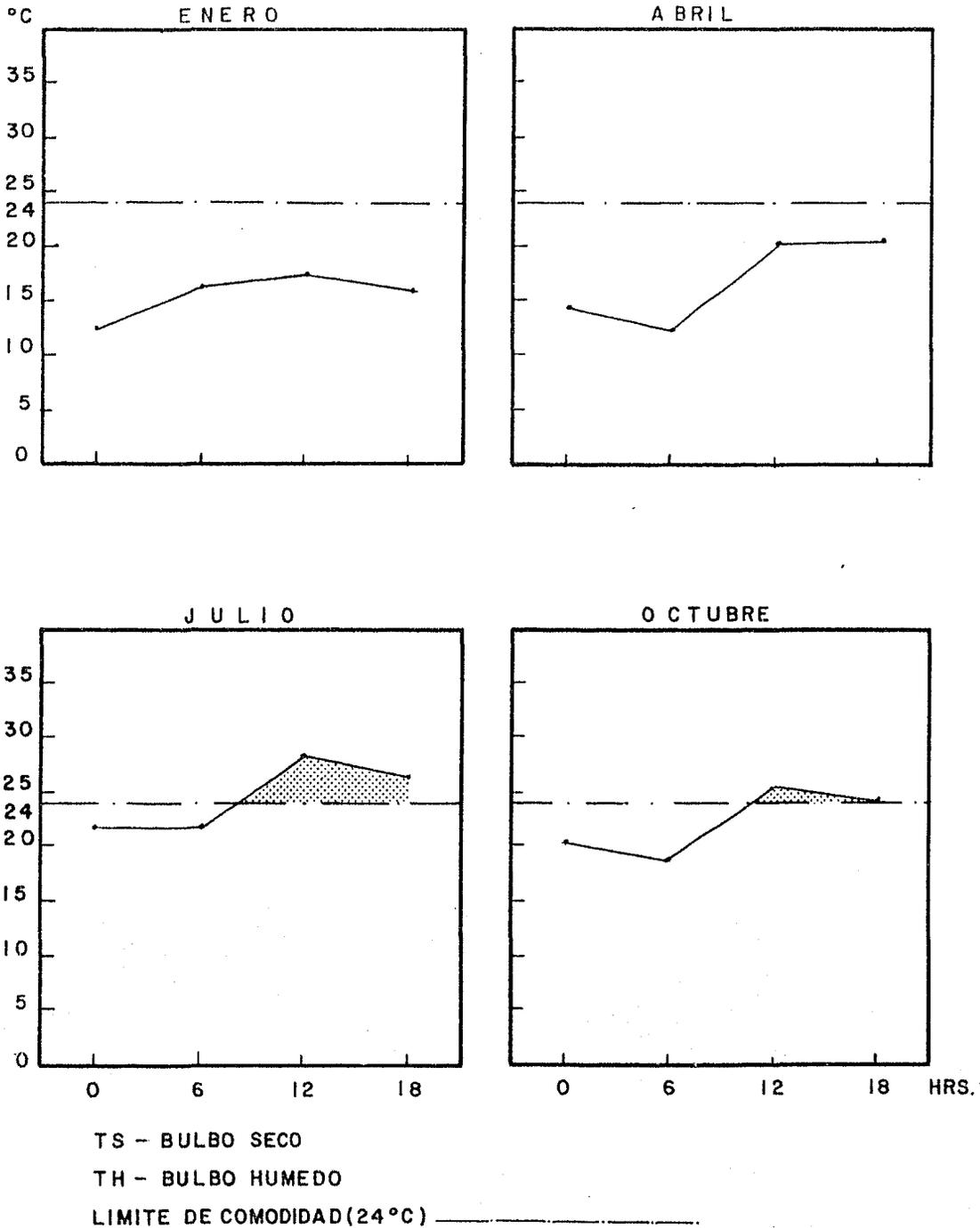


FIG. 23

VARIACION DIURNA DE LA INTENSIDAD MEDIA DEL VIENTO EN LA PAZ, B.C.S. DURANTE LOS MESES DE ENERO, ABRIL, JULIO Y OCTUBRE. PERIODO 1975-1976.

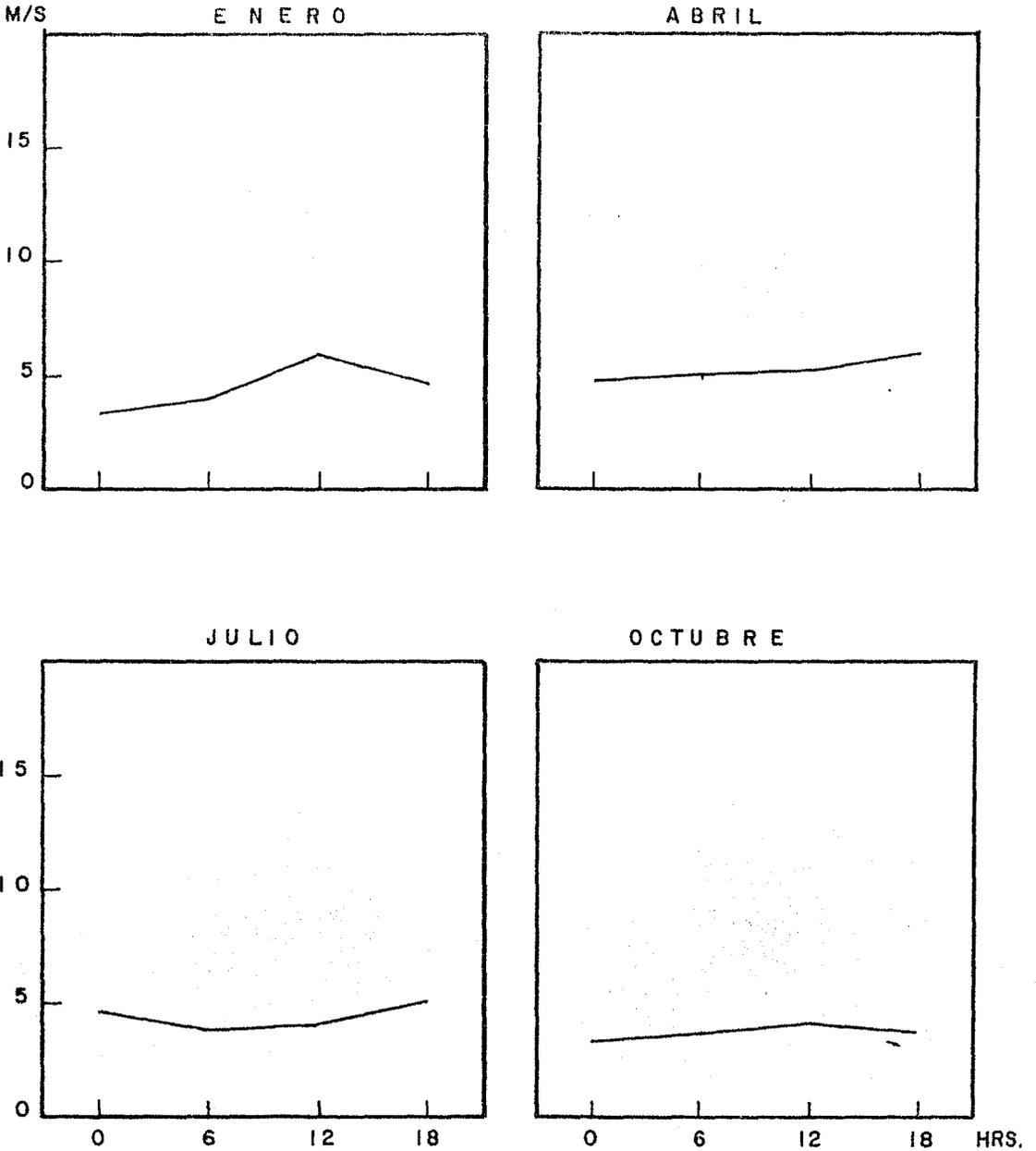


FIG. 24.

Tabla IIa

LA PAZ, B.C.S.		INSOLACION Hrs											PERIODO: 1975-1979
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL	
185	225	254	273	303	300	274	264	207	247	216	190	2938	

Tabla IIb

LA PAZ, B.C.S.		DIAS DESPEJADOS							PERIODO: 1975-1979			
No. Días	21	23	27	28	28	28	26	23	18	27	27	23
%	71	78	90	92	93	93	87	75	60	89	90	78

Tabla IIc

LA PAZ, B.C.S.		DIAS CON LLUVIA							PERIODO: 1975-1979			
No. Días	2	1	0	0	0	0	1	3	5	2	0	2
%	7	3	0	0	0	0	3	11	17	7	0	5

Tabla IID

LA PAZ, B.C.S.		TEMPERATURA ° C							PERIODO: 1975-1976			
Máx.	24	26	28	30	34	37	38	38	35	32	29	25
Mín.	11	11	12	12	13	18	22	23	23	18	15	13
Med.	18	18	20	21	24	28	30	31	29	25	22	19
Osc.	13	15	16	18	21	19	16	15	12	14	14	12

Tabla IIe

LA PAZ, B.C.S.		HUMEDAD RELATIVA %				PERIODO: 1975-1976
Mes/hrs		00	06	12	18	
ENERO		67	69	53	54	
ABRIL		63	64	35	40	
JULIO		66	67	40	44	
OCTUBRE		72	77	48	58	

Tabla IIf

LA PAZ, B.C.S.      TEMPERATURA ° C      PERIODO: 1975-1976

Mes/hrs	BULBO SECO (TS)				BULBO HUMEDO (TH)			
	00	06	12	18	00	06	12	18
ENERO	14	13	21	19	11	10	15	13
ABRIL	17	14	25	27	12	12	16	15
JULIO	24	24	34	31	20	20	23	22
OCTUBRE	23	21	30	28	19	18	22	21

Tabla IIg

LA PAZ, B.C.S.      TS+TH Y TS+TH/2 ° C      PERIODO: 1975-1976

Mes/hrs		00	06	12	18
ENERO	TS+TH	25	33	35	32
	TS+TH/2	13	16	18	16
ABRIL	TS+TH	29	25	41	42
	TS+TH/2	15	13	21	21
JULIO	TS+TH	44	44	57	53
	TS+TH/2	22	22	28	27
OCTUBRE	TS+TH	41	39	52	49
	TS+TH/2	21	19	26	25

Tabla IIh

LA PAZ, B.C.S.      CARGA DE CALOR      PERIODO: 1975-1976

(TS+TH/2)

Clase/Mes	ENE	ABR	JUL	OCT
	No. de Eventos/ Frecuencia %			
1	4-100	4-100	2- 50	2- 50
2	-	-	-	-
3	-	-	1- 25	2- 50
4	-	-	1- 25	-

Tabla III

LA PAZ, B.C.S. INTENSIDAD MEDIA DEL VIENTO (m/s) PERIODO: 1975-1976  
Y FRECUENCIA DE CALMAS (%)

Horas	ENERO				ABRIL			
	00	06	12	18	00	06	12	18
Int.	3	4	6	5	5	5	5	6
Calmas	13	21	10	11	3	15	0	8

Horas	JULIO				OCTUBRE			
	00	06	12	18	00	06	12	18
Int.	5	4	4	5	3	4	4	4
Calmas	11	8	2	3	19	47	5	13

Tabla IIj

LA PAZ, B.C.S. DIRECCION DEL VIENTO (%) PERIODO: 1975-1976  
Y CALMAS (%)

Horas	Frecuencia (%) / Intensidad (m/s)								
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C
03-09	4-5	46-5	6-2	10-2	4-3	5-2	2-2	3-4	18
12-18	24-6	49-7	2-2	2-3	2-3	3-3	2-3	9-5	8

ABRIL									
Horas	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C
03-09	6-5	10-5	1-4	6-3	42-5	20-5	1-3	4-4	12
12-18	28-6	15-8	0-0	1-4	11-6	18-6	4-4	21-5	3

JULIO									
Horas	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C
03-09	1-2	1-3	0-0	5-4	42-4	37-4	1-3	3-2	9
12-18	17-5	2-6	1-5	2-3	15-6	32-6	9-5	22-5	2

OCTUBRE									
Horas	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C
03-09	4-3	16-3	7-2	7-2	19-3	6-3	2-3	2-3	39
12-18	25-4	36-5	1-3	1-4	8-3	7-4	2-3	14-4	7

TABLAS DE MAHONEY

LA PAZ, B.C.S.

PERIODO:1951-1960

A  
Temperatura del Aire °C

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Más alta	TMA
Máx. Med. Mensual	24	25	27	30	32	35	36	35	35	32	28	25	36	25
Mín. Med. Mensual	13	13	13	15	16	19	23	24	24	20	17	14	13	23
Oscil. Med. Mensual	11	12	14	15	16	16	13	11	11	12	11	11	Más baja	OMA

B  
Humedad y Precipitación

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Humedad Relativa %												
Máx. Med. Mensual	72	65	68	73	74	75	75	72	77	79	75	72
Mín. Med. Mensual	59	58	57	50	55	53	57	58	65	64	64	68
Promedio	66	62	63	62	65	64	66	65	71	72	70	70
Grupo de Humedad	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3
Precipitación mm	17	1	4	0	1	7	22	29	48	15	3	21

C  
Diagnóstico de la Tensión Climática

Grupo de Humedad	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3
Temperatura												
Máx. Med. Mensual	24	25	27	30	32	35	36	35	35	32	28	25
Confort día: Máx.	29	29	29	29	29	29	29	29	27	27	29	29
Mín.	23	23	23	23	23	23	23	23	22	22	23	23
Mín. Med. Mensual	13	13	13	15	16	19	23	24	24	20	17	14
Confort noche: Máx.	23	23	23	23	23	23	23	23	21	21	23	23
Mín.	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Tensión Térmica												
Día	-	-	-	C	C	C	C	C	C	C	-	-
Noche	F	F	F	F	F	-	-	C	C	-	-	F

## D

## Indicadores

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total	
H <sub>1</sub> Mov. del aire (esencial)									*	*			2	
H <sub>2</sub> Mov. del aire (deseable)													0	
H <sub>3</sub> Protección de la lluvia													0	
A <sub>1</sub> Almacenamiento térmico	*	*	*	*	*	*	*	*				*	*	10
A <sub>2</sub> Necesidad de dormir al aire libre													0	
A <sub>3</sub> Problemas de esta - ción fría													0	

## E

## Recomendaciones

1. Edificios orientados en dirección este-oeste para reducir la exposición al sol
2. Espacios abiertos para penetración de la brisa, protegiendo del viento frío cálido
3. Paredes externas e internas gruesas
4. Techos gruesos

### 5.2.3 HERMOSILLO, SON.

#### Aspectos Físicos

Hermosillo se encuentra en la porción centro-oeste del estado de Sonora a 29°5' de latitud norte y 110°57' de longitud oeste, y a 237 m de altitud.

Cercanas a la ciudad hacia el este se encuentran las estribaciones de la Sierra Madre Occidental, con altitudes entre 500 m y 1000 m. Los nombres regionales corresponden hacia el NE a las sierras de Santa Rosalía y de Aconchi; al E, a la Sierra de Eatuc, y al SE a la Sierra de Bacatete Yaqui. Las serranías están orientadas en general en sentido sur-sureste a nor-norocoste. (Fig. 25)

Entre las estribaciones de la Sierra Madre Occidental se forman valles longitudinales irrigados por ríos que se precipitan hacia otros valles transversales. Los ríos cuyas aguas llegan a Hermosillo para ser captadas en la Presa Abelardo Rodríguez son de norte a sur, el río San Jon, el río San Miguel u Horcasitas, y el río Sonora, que provienen de la región montañosa del noreste del estado.

Dentro de los climas secos, el clima de Hermosillo es BW(h')hw(e'), Seco Desértico, cálido, con temperatura media anual sobre 22°C, y temperatura media del mes más frío bajo 18°C; el régimen de lluvias es de verano, con porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2; de carácter muy extremo, con oscilación anual de las temperaturas medias mensuales mayor de 14°C.

#### Insolación

La insolación total anual es de 3281 horas. El período de más intensa insolación comprende de abril a agosto, siendo la más alta, la registrada en junio con 352 horas; la menor insolación ocurre durante enero con 204 horas, y diciembre con 209 horas. (Fig. 26)

#### Días Despejados y Días con Lluvia

Alrededor del 38% de los días en Hermosillo son despejados, correspondiendo principalmente a mayo, octubre y noviembre. Los días con lluvia son escasos y representan un 12% durante la época de lluvias de julio a septiembre. (Fig. 27)

### Temperatura

Las temperaturas máximas más altas se presentan a partir de abril y hasta octubre, oscilando entre 29°C y 40°C. En general, las temperaturas máximas en el resto de los meses son también altas, superiores a 25°C. (Fig. 28)

Las temperaturas mínimas más bajas se presentan de enero a mayo y de octubre a diciembre. A excepción de las temperaturas del mes de mayo y del de octubre, el resto de las temperaturas mínimas es inferior a 17°C por lo que llega a sentirse incomodidad por frío. (Fig. 28)

### Humedad Relativa

En las primeras horas del día, durante casi todo el año, la humedad relativa va ascendiendo de las 0 hrs a las 6 hrs, en que alcanza su valor máximo, para luego descender y llegar a sus valores mínimos alrededor de las 18 horas. Sólo en julio, cerca de las 6 hrs se experimenta un pequeño período de incomodidad ya que la humedad relativa alcanza un 73%. (Fig. 29)

### Temperatura del Bulbo Húmedo

La temperatura del bulbo húmedo presenta valores mayores a 20°C en julio, en un período constante desde las 0 hrs (23°C), hasta las 18 hrs, alcanzando su valor más alto (24°C), a las 12 hrs. (Fig. 30)

### Índice de Incomodidad (Sohar et al., 1978)

La carga de calor en los meses de julio y octubre resulta en el primer mes moderada en el 75% del tiempo, y severa en un 25%. En enero y abril la carga de calor es nula. (Fig. 31)

### Índice de Incomodidad (Tennenbaum, 1961)

En el mes de julio, de acuerdo a este índice, a partir de las 0 hrs se presenta un ambiente incómodo ya que se alcanza un valor de 52°C, el cual desciende paulatinamente hasta alrededor de las 6 hrs en que llega a su mínimo (49°C), para elevarse nuevamente hasta 59°C, a las 18 hrs. En octubre se presenta incomodidad en un período pequeño, alrededor de las 18 hrs (49°C). (Tabla IIIg)

## Ventilación

### a) Intensidad

La variación diurna de la intensidad media del viento a lo largo del año es prácticamente constante. La mayor, 3 m/s, se presenta en enero a las 6 hrs, y la menor 1 m/s, en octubre a las 0 hrs. Las intensidades son por lo general del orden de 3 m/s. (Fig. 32)

La frecuencia de calmas es de aproximadamente 50%, presentándose la mayor en enero a las 0 hrs (68%); no se aprecia gran diferenciación en el número de calmas durante el período matutino y el vespertino.

### b) Dirección

Durante las primeras horas del día, los vientos dominantes son del E, NE, SE y S. Por la tarde corresponden a direcciones del E, W, SW y S. (Tabla IIIj)

### c) Variación Estacional

Por la mañana predominan en invierno vientos de montaña del E, provenientes de las estribaciones de la Sierra Madre Occidental (Fig. 57). En el período vespertino se presentan todas las direcciones, siendo de mayor importancia los vientos del W, SW, E, N y NE. (Fig. 58)

En verano el anticiclón del Pacífico nororiental se encuentra hacia el norte, y se presentan por la mañana vientos en todas direcciones, y aproximadamente con la misma frecuencia, sobresaliendo los vientos del SE, S y E. (Fig. 59). Por la tarde se intensifican las brisas del SW, W y NW. (Fig. 60)

Los vientos de montaña, del E, predominan por la mañana en la época primaveral. Después del mediodía, los vientos característicos son del S, SW y W, correspondientes a brisas. (Tabla IIIj)

En otoño, en las primeras horas del día dominan los vientos de montaña, con direcciones NE, E, S y SE; por la tarde son de mayor importancia los vientos del S y SW. (Tabla IIIj)

## Diseño Arquitectónico

Se sugieren las siguientes recomendaciones, en base a los resultados de las Tablas de Mahoney:

1. Edificios orientados en dirección este-oeste para reducir la exposición al sol
2. Planeación de patios compactos
3. Diseño compacto en general
4. No existe requerimiento de movimiento continuo del aire
5. Paredes externas e internas gruesas
6. Techos gruesos
7. Se requiere de espacio para dormir al aire libre

### Resumen

Desde la primavera hasta el otoño se presentan las temperaturas máximas más altas, con lo que se experimenta incomodidad por calor. Asimismo se presenta incomodidad por frío de enero a abril, y en noviembre y diciembre.

El verano constituye la época de mayor tensión térmica ya que los resultados de los diversos índices empleados rebasan los límites de confort establecidos.

El ambiente seco a lo largo del año contribuye a reducir la sensación de bochorno ya que permite la eficiente evaporación del sudor de la piel; sólo en julio se observa un período de incomodidad por humedad, ya que la humedad relativa supera el límite superior de confort, alrededor de las 6 horas.

Por lo general enero y abril, meses representativos del invierno y primavera respectivamente, ofrecen ambientes bastante aceptables desde el punto de vista del confort humano.

Por otra parte, la posición del anticiclón del Pacífico nororiental favorece las brisas en esta zona puesto que induce vientos del NW, en la misma dirección de la Sierra Madre Occidental.

Los vientos con componente del oeste resultan más frescos por la influencia del Golfo de California; los vientos del E, N y NE, corresponden a vientos de montaña cuyas intensidades no son muy altas, posiblemente en virtud de que se ven atenuados por la influencia de los vientos contrarios del NW, que induce el citado anticiclón.

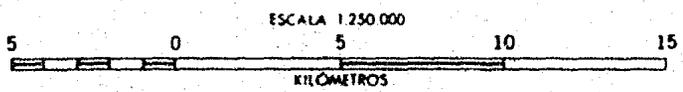
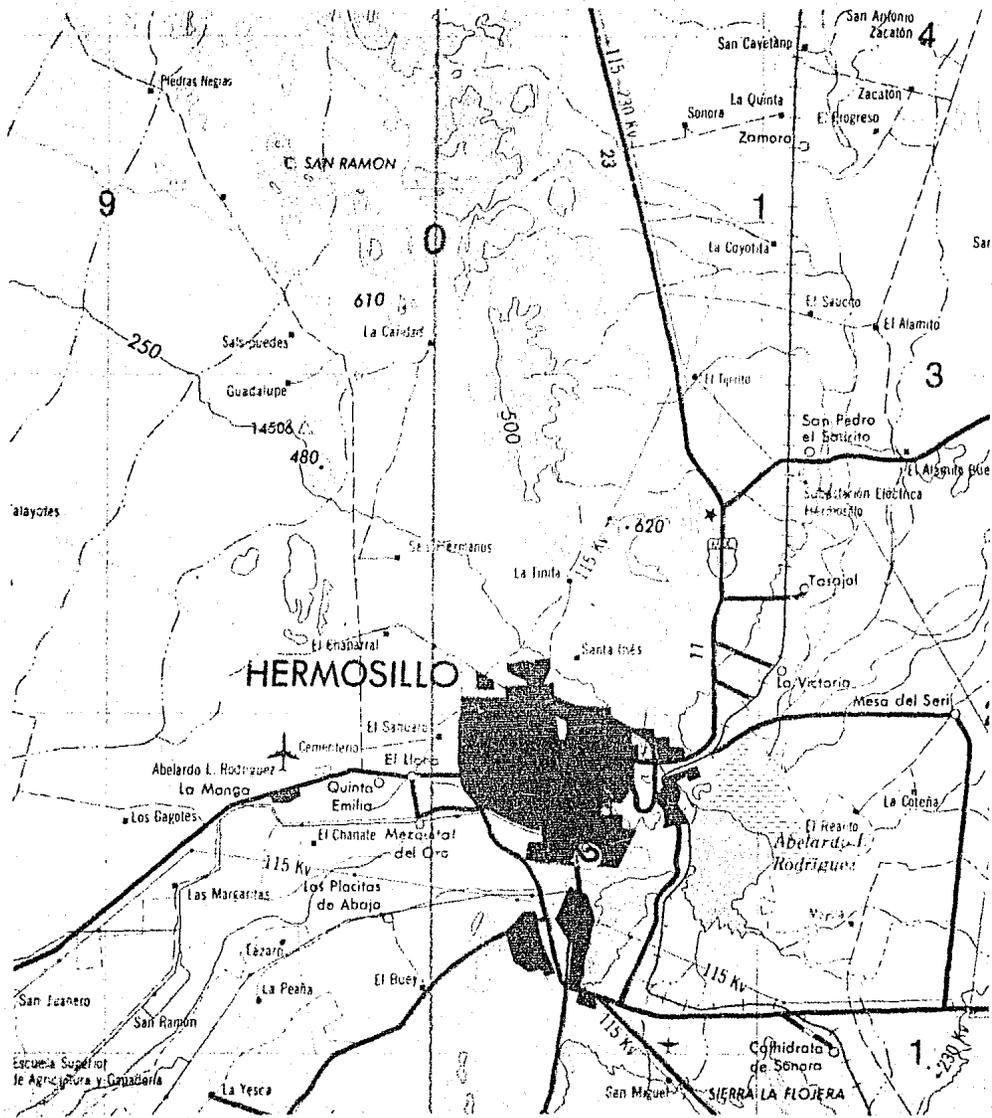
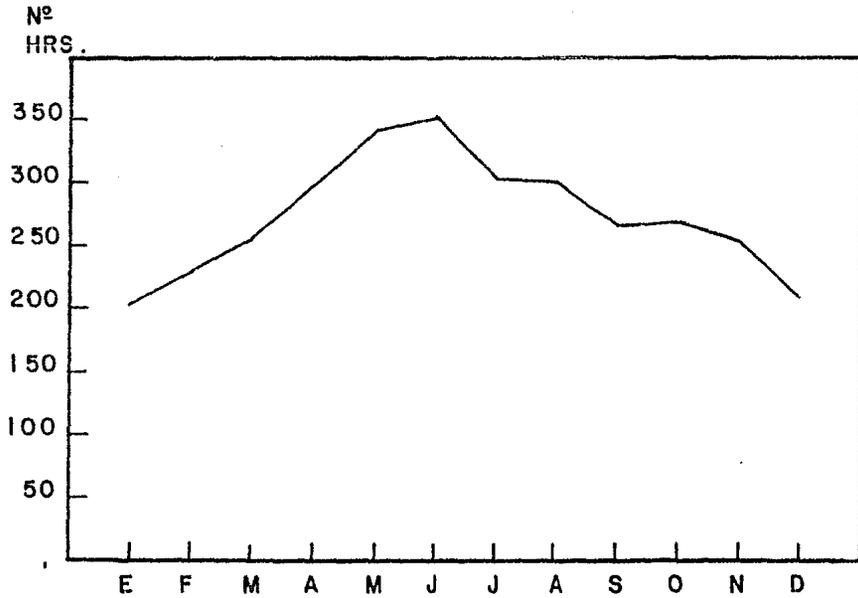


Fig. 25

VARIACION ANUAL DE LA INSOLACION EN  
HERMOSILLO, SON. PERIODO 1975-1979.



INSOLACION TOTAL ANUAL : 3 281 HRS.

FIG. 26

FRECUENCIA DE DIAS DESPEJADOS Y CON LLUVIA EN HERMOSILLO, SON. PERIODO 1975-1979.

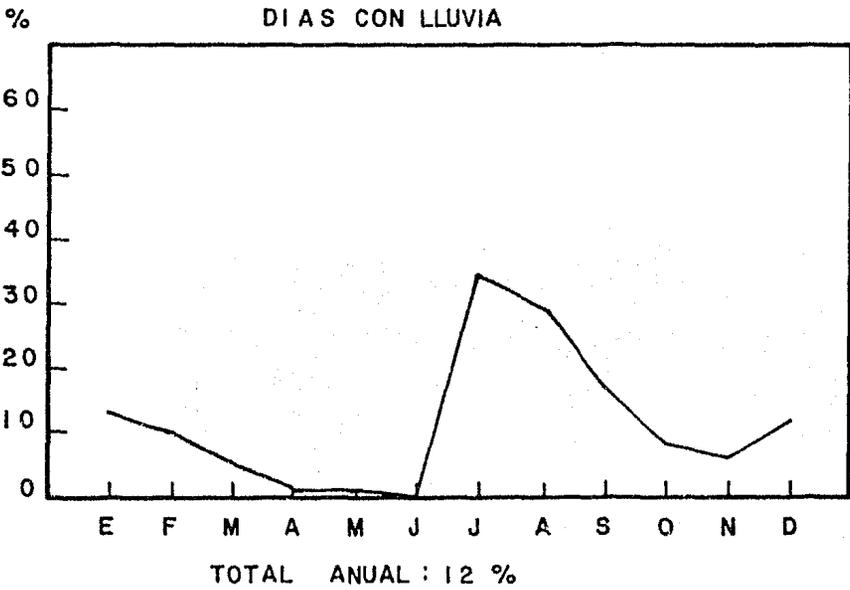
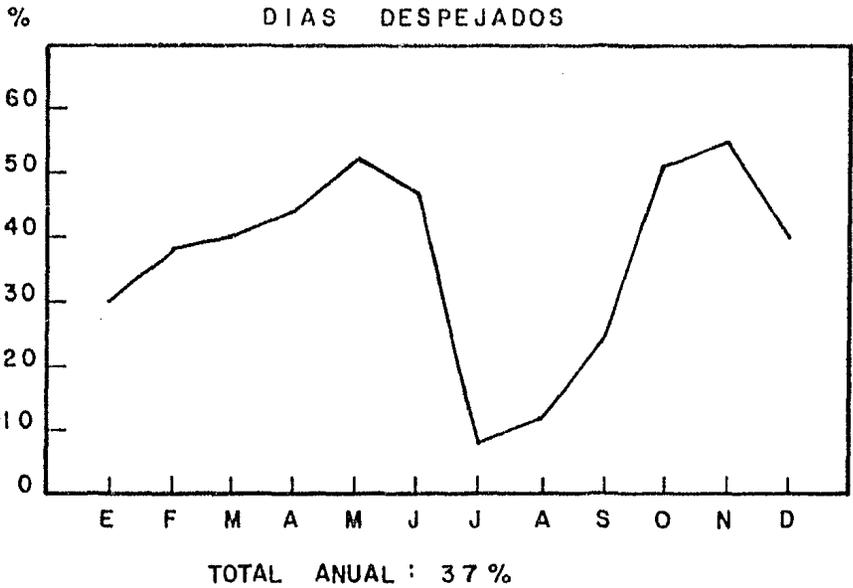
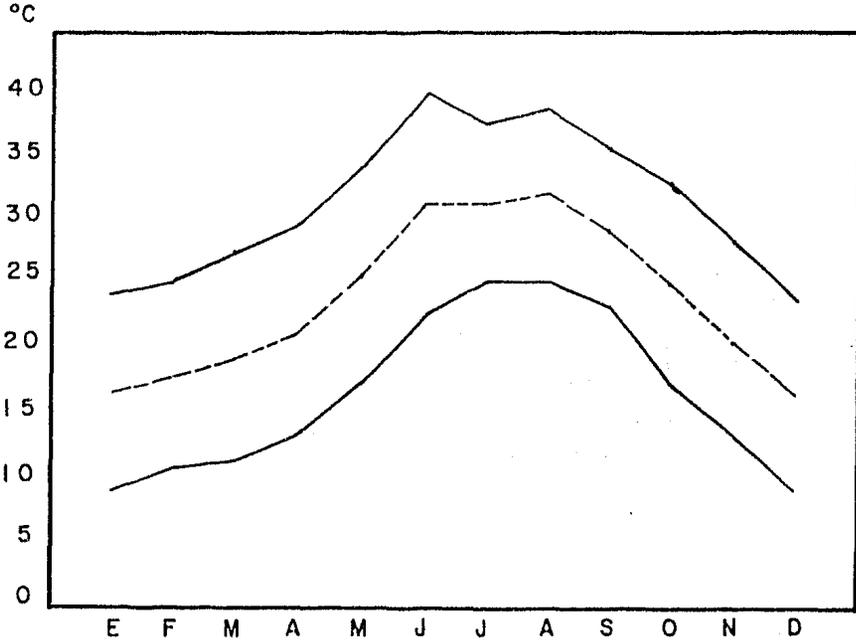


FIG. 27

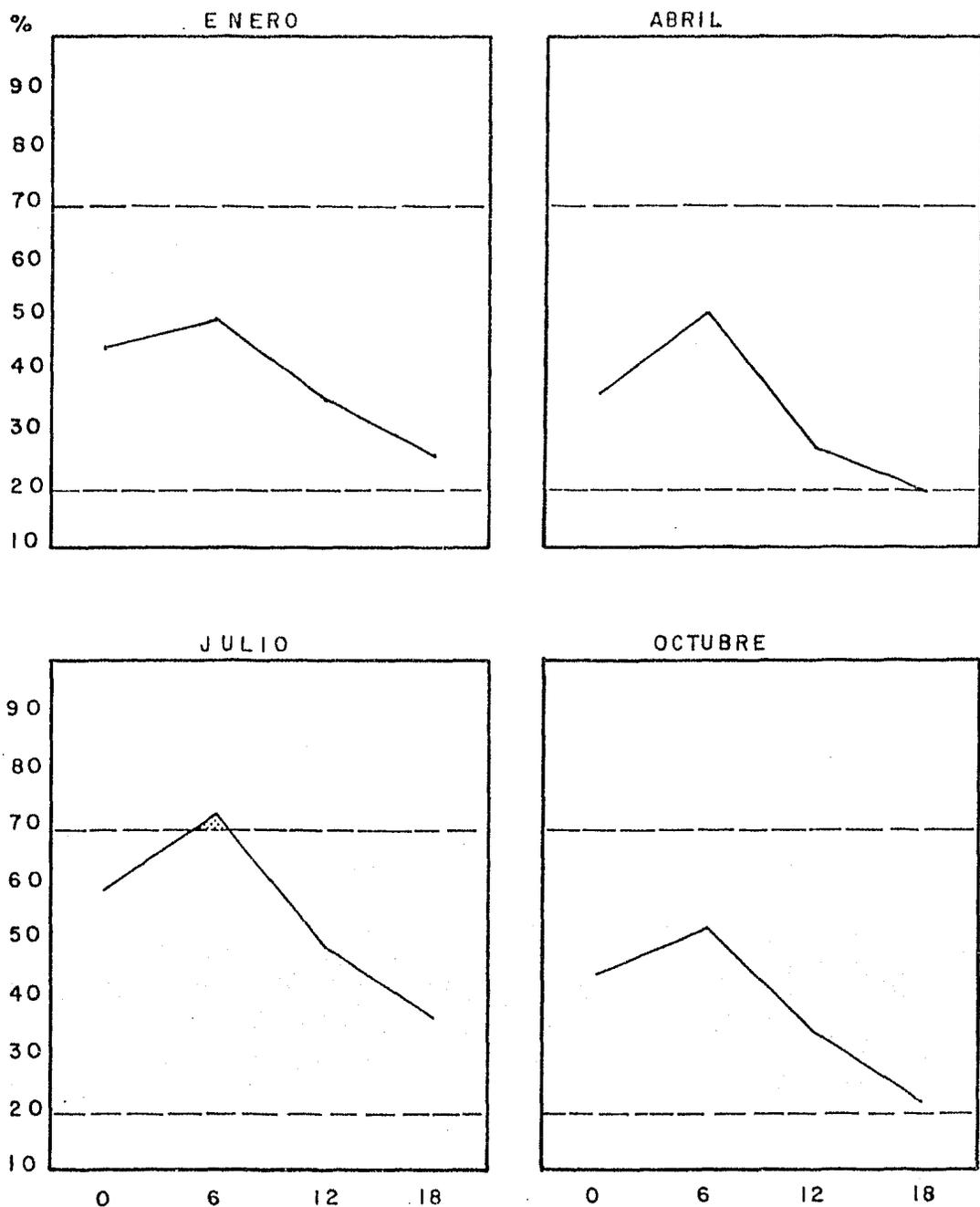
VARIACION ANUAL DE LA TEMPERATURA  
MAXIMA Y MINIMA EN HERMOSILLO, SON.  
PERIODO 1975-1976.



TEMPERATURA MEDIA.-----

FIG. 28

VARIACION DIURNA DE LA HUMEDAD RELATIVA EN HERMOSILLO ,  
SON. DURANTE LOS MESES DE ENERO, ABRIL, JULIO Y OCTUBRE .  
PERIODO 1975-1976.



LIMITE DE COMODIDAD (20% y 70%) — — — — —

FIG. 29

VARIACION DIURNA DE LA TEMPERATURA DEL BULBO SECO Y HUMEDO EN HERMOSILLO, SON. DURANTE LOS MESES DE ENERO, ABRIL, JULIO Y OCTUBRE. PERIODO 1975-1976.

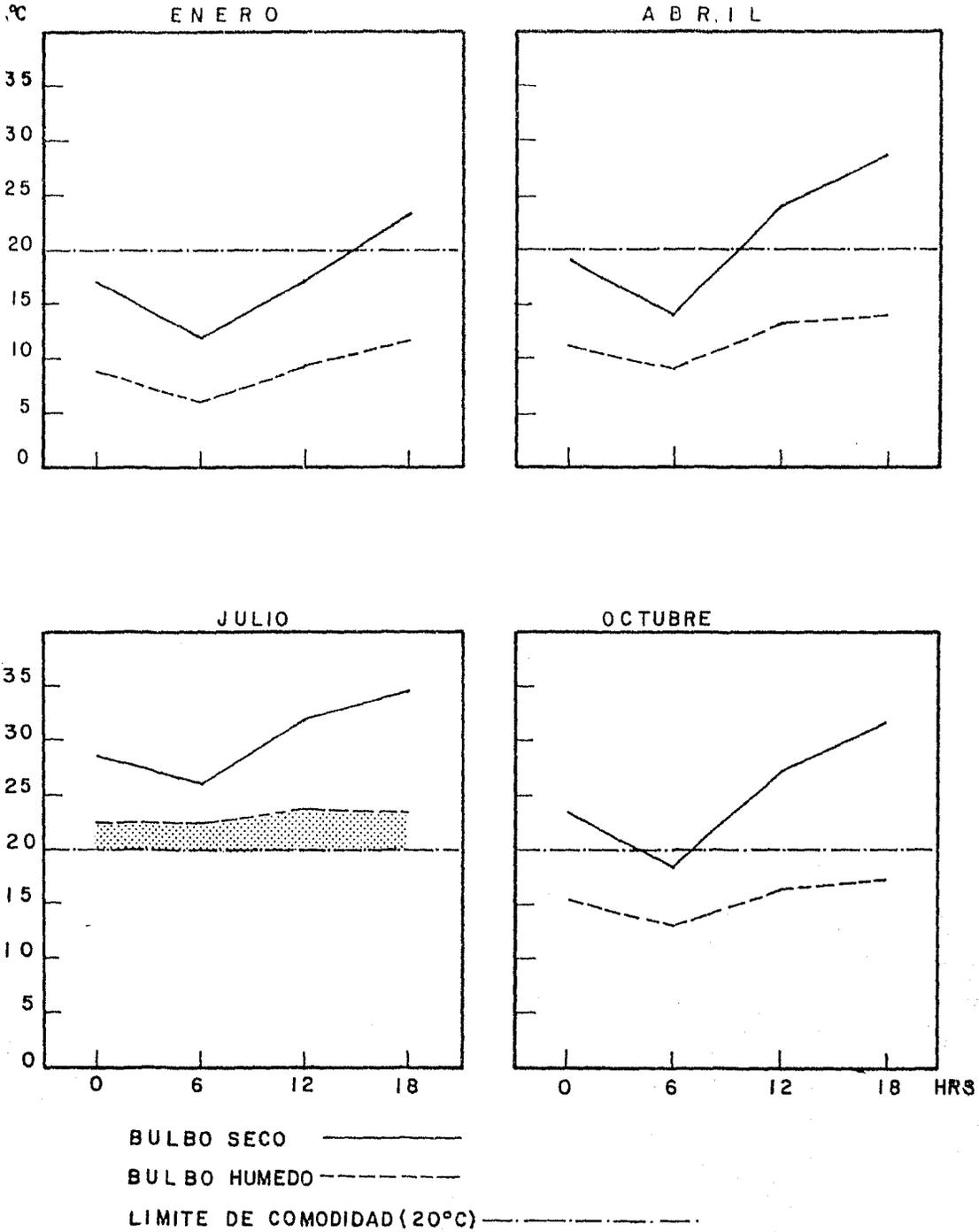


FIG. 30

VARIACION DIURNA DEL INDICE DE INCOMODIDAD (TS+TH/2) EN HERMOSILLO, SON. DURANTE LOS MESES DE ENERO, ABRIL, JULIO Y OCTUBRE. PERIODO 1975-1976.

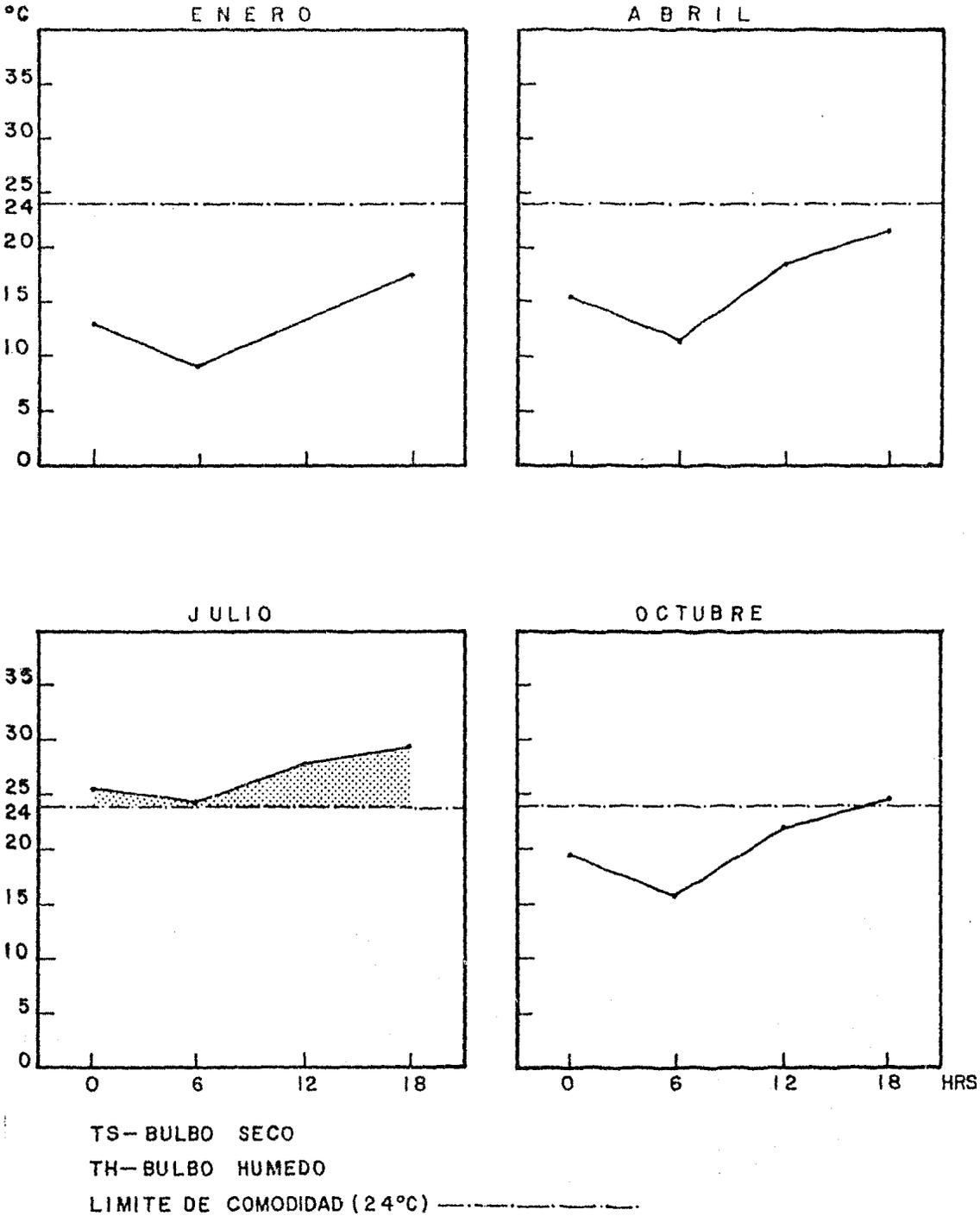


FIG. 31

VARIACION DIURNA DE LA INTENSIDAD MEDIA DEL VIENTO EN HERMOSILLO, SON. DURANTE LOS MESES DE ENERO, ABRIL, JULIO Y OCTUBRE. PERIODO 1975-1976.

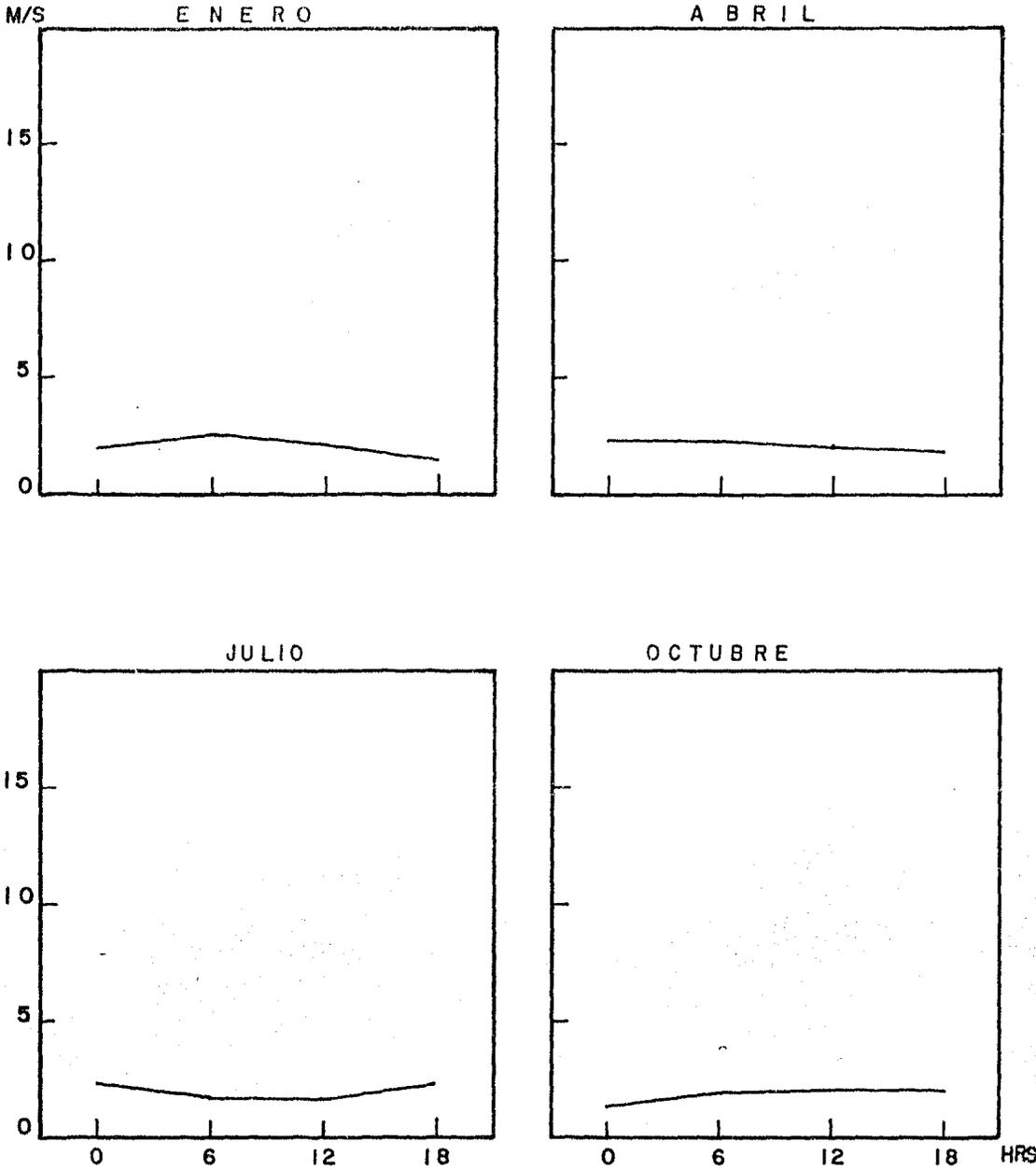


FIG.32

Tabla IIIa

HERMOSILLO, SON.		INSOLACION Hrs										PERIODO: 1975-1979	
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
	204	230	256	299	342	352	302	302	266	270	250	209	3281

Tabla IIIb

HERMOSILLO, SON.		DIAS DESPEJADOS										PERIODO: 1975-1979	
No. Días	9	12	12	13	16	14	2	4	7	15	17	12	
%	31	39	40	44	53	47	8	13	25	51	55	40	

Tabla IIIc

HERMOSILLO, SON.		DIAS CON LLUVIA										PERIODO: 1975-1979	
No. Días	4	3	2	0	0	0	10	9	5	2	2	4	
%	13	10	5	0	0	0	35	29	17	8	6	12	

Tabla IIId

HERMOSILLO, SON.		TEMPERATURA ° C										PERIODO: 1975-1976	
Máx.	25	26	28	30	35	40	38	39	36	33	29	24	
Mín.	9	11	12	14	18	23	25	26	24	18	14	9	
Med.	17	18	20	22	26	32	32	32	30	25	21	17	
Osc.	16	15	16	16	17	17	13	13	12	15	15	15	

Tabla IIIe

HERMOSILLO, SON.		HUMEDAD RELATIVA %				PERIODO: 1975-1976
Mes/hrs	00	06	12	18		
ENERO	46	51	36	26		
ABRIL	37	52	28	20		
JULIO	60	73	50	37		
OCTUBRE	45	53	35	22		

Tabla IIIf

HERMOSILLO, SON.				TEMPERATURA ° C	PERIODO: 1979-1976			
BULBO SECO (TS)					BULBO HUMEDO (TH)			
Mes/hrs	00	06	12	18	00	06	12	18
ENERO	17	12	17	23	9	6	10	12
ABRIL	19	14	24	29	11	9	13	14
JULIO	29	26	32	35	23	23	24	24
OCTUBRE	24	19	27	32	16	13	16	17

Tabla IIIg

HERMOSILLO, SON.		TS+TH Y TS+TH/2 ° C				PERIODO: 1975-1976
Mes/hrs		00	06	12	18	
ENERO	TS+TH	26	19	27	35	
	TS+TH/2	13	9	14	18	
ABRIL	TS+TH	31	24	37	43	
	TS+TH/2	15	12	19	21	
JULIO	TS+TH	52	49	56	59	
	TS+TH/2	26	24	28	29	
OCTUBRE	TS+TH	39	32	44	49	
	TS+TH/2	20	16	22	25	

Tabla IIIh

HERMOSILLO, SON.		CARGA DE CALOR (TS+TH/2)				PERIODO: 1975-1976
Clase/Mes		ENE	ABR	JUL	OCT	
No. de Eventos/Frecuencia %						
1		4-100	4-100	-	3- 75	
2		-	-	-	-	
3		-	-	3- 75	1- 25	
4		-	-	1- 25	-	

Tabla IIIi

HERMOSILLO, SON. INTENSIDAD MEDIA DEL VIENTO (m/s) PERIODO: 1975-1976  
Y FRECUENCIA DE CALMAS (%)

Horas	ENERO				ABRIL			
	00	06	12	18	00	06	12	18
Int.	2	3	2	2	2	2	2	2
Calmas	68	31	39	45	67	40	48	18

Int.	JULIO				OCTUBRE			
	2	2	2	2	1	2	2	2
Calmas	39	52	23	15	45	32	18	23

Tabla IIIj

HERMOSILLO, SON. DIRECCION DEL VIENTO (%) PERIODO: 1975-1976  
Y CALMAS (%)

Horas	Frecuencia(%) / Intensidad (m/s)									
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C	
03-09	2-2	10-4	37-2	3-2	2-2	1-2	0-0	1-1	44	
12-18	10-2	8-4	11-2	1-2	2-1	8-2	12-1	1-1	48	

ABRIL										
Horas	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C	
03-09	0-0	4-2	31-2	2-2	2-2	8-2	3-3	0-0	51	
12-18	1-2	1-2	2-2	6-2	13-2	27-2	17-2	1-2	32	

JULIO										
Horas	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C	
03-09	7-2	6-3	9-2	14-2	12-2	7-2	5-2	3-1	38	
12-18	9-3	3-2	3-3	10-2	17-2	17-2	9-2	11-3	22	

OCTUBRE										
Horas	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C	
03-09	6-1	9-2	19-2	13-2	15-2	4-1	2-2	1-1	31	
12-18	9-2	5-2	7-2	5-2	20-2	17-2	6-2	10-2	22	

TABLAS DE MAHONEY

HERMOSILLO, SON.

PERIODO:1951-1960

A

Temperatura del Aire °C

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Más alta	TMA
Máx. Med. Mensual	24	25	28	32	35	39	39	38	38	35	28	24	39	24
Mín. Med. Mensual	9	10	12	16	19	24	25	24	26	21	14	10	9	30
Oscil. Med. Mensual	15	15	16	16	16	15	14	14	12	14	14	14	Más baja	ClA

B

Humedad y Precipitación

Humedad Relativa %

Máx. Med. Mensual	58	58	50	56	50	51	66	69	59	57	55	60		
Mín. Med. Mensual	35	30	27	22	20	25	36	41	35	27	40	36		
Promedio	47	44	39	39	35	38	51	55	47	42	48	48		
Grupo de Humedad	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2		
Precipitación mm	22	9	7	5	0	5	67	99	16	10	4	11		

C

Diagnóstico de la Tensión Climática

Grupo de Humedad	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2		
Temperatura														
Máx. Med. Mensual	24	25	28	32	35	39	39	38	38	35	28	24		
Confort día: Máx.	31	31	31	31	31	31	29	29	31	31	31	31		
Mín.	25	25	25	25	25	25	23	23	25	25	25	25		
Mín. Med. Mensual	9	10	12	16	19	24	25	24	26	21	14	10		
Confort noche: Máx.	24	24	24	24	24	24	21	21	24	24	24	24		
Mín.	17	17	17	17	17	17	14	14	17	17	17	17		
Tensión Térmica														
Día	F	-	-	C	C	C	C	C	C	C	-	F		
Noche	F	F	F	F	-	-	C	C	C	-	F	F		

D

Indicadores

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
H <sub>1</sub> Mov. del aire (esencial)	-----												0
H <sub>2</sub> Mov. del aire (deseable)	-----												0
H <sub>3</sub> Protección de la lluvia	-----												0
A <sub>1</sub> Almacenamiento térmico	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	12
A <sub>2</sub> Necesidad de dormir al aire libre	-----												5
A <sub>3</sub> Problemas de esta- ción fría	*											*	2

E

Recomendaciones

1. Edificios orientados en dirección este-oeste para reducir la exposición al sol
2. Planeación de patios compactos
3. Diseño compacto en general
4. No existe requerimiento de movimiento continuo del aire
5. Paredes externas e internas gruesas
6. Techos gruesos
7. Se requiere de espacio para dormir al aire libre

#### 5.2.4 GUAYMAS, SON.

##### Aspectos Físicos

En la planicie costera del Pacífico y dentro de la bahía del mismo nombre, Guaymas se encuentra a 27°55' de latitud norte y 110°54' de longitud oeste, y a 8 m de altitud.

Las elevaciones que circundan a Guaymas son del orden de 500 m. Las regiones montañosas hacia el sur constituyen la Sierra de Bacatete Yaqui. (Fig. 33)

A la bahía de Guaymas desembocan por el norte, el río Malapo, y por el sur, el río Yaqui.

Guaymas presenta clima BW(h')hw(e), Seco Desértico, cálido con temperatura media anual sobre 22°C, y temperatura media del mes más frío bajo 18°C; el régimen de lluvias es de verano, con porcentaje de lluvia entre 5 y 10.2; extremo por su oscilación, entre 7°C y 14°C.

##### Insolación

La insolación total anual es de 2951 horas. Las insolaciones más intensas ocurren en mayo (278 horas) y junio (305 horas); las menores, en enero (215 horas), y diciembre (213 horas). (Fig. 34)

##### Días Despejados y Días con Lluvia

A lo largo del año, los días despejados representan un 26%, concentrado en abril, octubre, noviembre y diciembre. Los días con lluvia representan tan sólo un 7%, durante julio y agosto. (Fig. 35)

##### Temperatura

Las temperaturas máximas más elevadas se registran principalmente a partir de abril a octubre, fluctuando entre 28°C y 35°C. (Fig. 36)

Las temperaturas mínimas más bajas se registran en enero, febrero, marzo y diciembre, siendo inferiores a 17°C, en que se presenta por tal razón inco<sup>m</sup>odidad debida al frío. (Fig. 36)

##### Humedad Relativa

La humedad relativa asciende de las 0 hrs a las 6 hrs para posteriormente

ir descendiendo en enero y abril. En octubre, el patrón de variación es similar al de enero y abril; en julio, el ambiente resulta incómodo de las 0 hrs a las 6 hrs, en que se alcanza el valor máximo de este parámetro: 79%. (Fig.37)

#### Temperatura del Bulbo Húmedo

En julio y octubre se presentan temperaturas del bulbo húmedo mayores a 20°C; en julio el período de incomodidad tiene una amplitud constante de las 0 hrs a las 18 hrs, registrándose el máximo valor a las 6 hrs, llegando a alcanzar sólo 21°C a las 18 hrs, por lo que el período de incomodidad no es muy grande, ni acentuado. (Fig. 38)

#### Índice de Incomodidad (Sohar et al., 1978)

La carga de calor de acuerdo al criterio de este índice, es en julio en un 50% del tiempo moderada, y en el 50% restante, severa; durante octubre, el 25% es nula; un 25% ligera, y 50% moderada. Los meses de enero y abril presentan carga de calor nula. (Fig. 39)

#### Índice de Incomodidad (Tennenbaum, 1961)

Este índice reporta incomodidad también durante los meses de julio y octubre. En julio se presenta dicha incomodidad a lo largo del día, iniciándose a las 0 hrs con un valor de 55°C que desciende ligeramente hacia las 6 hrs, a partir de donde se eleva nuevamente hasta 58°C a las 18 hrs; en octubre se presenta un pequeño lapso de incomodidad de las 12 hrs a las 18 hrs, en que se sobrepasa el límite de comodidad con 49°C a las 12 hrs, y 18 hrs. (Tabla IVg)

#### Ventilación

##### a) Intensidad

Los porcentajes más altos de calmas se presentan por la mañana y representan aproximadamente el 80%. La mayor intensidad media se registra en el mes de enero a las 12 hrs (7 m/s). Las intensidades mayores por lo general se presentan entre las 0 hrs y las 6 hrs, correspondiendo principalmente a la dirección N, y en segundo término a direcciones NE, NW, y W, siendo la más alta 5 m/s N en abril de las 3 hrs a las 9 hrs. Las menores intensidades se regis-

tran entre las 12 hrs y 18 hrs, constituyendo la mínima, 1 m/s a las 12 hrs, en el mes de julio. (Tabla IVj)

#### b) Dirección

Las direcciones dominantes corresponden a N, por la mañana y W, NW, SE, SW y S, durante el período vespertino. En el primer caso se trata de terrales y en el segundo, dada la situación geográfica de Guaymas, corresponden a brisas que ayudan a hacer el ambiente más agradable. (Figs 57 a 60)

#### c) Variación Estacional

En invierno predominan los terrales o vientos del N, tanto para el período matutino como para las horas de la tarde, lo que denota el predominio de las altas presiones en esta época. Se observan asimismo por la tarde, después del mediodía brisas del oeste. (Figs. 57 y 58)

En la época de verano, aún en las primeras horas del día, las brisas cobran importancia, siendo éstas máximas después del mediodía en que sus direcciones son del SE, S, SW y W. (Figs. 59 y 60)

En primavera predomina el terral por la mañana, y se acentúan considerablemente las brisas del W y NW por la tarde. (Tabla IVj)

Durante el otoño, por la mañana son frecuentes los terrales y algunas brisas del SE y NW; en la tarde predominan las brisas provenientes del SE y W. (Tabla IVj)

#### Resumen

Coincidiendo con las insolaciones más fuertes, principalmente en mayo y junio, desde abril a octubre, se aprecian las temperaturas máximas más altas, alcanzando a llegar hasta 35°C. Asimismo se presenta incomodidad por frío, ya que en los meses invernales principalmente, las temperaturas mínimas son inferiores a 17°C.

Se deduce que la época de incomodidad bioclimática más severa es el verano debido a que los índices empleados superan los límites de bienestar casi de manera constante a lo largo del día, hasta el atardecer.

Octubre mes característico del otoño presenta períodos de incomodidad similares al verano, pero mucho menos marcados.

La época invernal y la primavera ofrecen condiciones bioclimáticas aceptables en términos generales, ya que no se sobrepasan los límites de comodidad.

Guaymas recibe prácticamente a lo largo de todo el año, el amplio beneficio de las brisas marinas que son mucho más frecuentes y de mayor magnitud en el verano y se presentan en diversas direcciones: SE, S, SW, y W, lo cual resulta importante para atenuar los efectos desfavorables de las altas temperaturas.

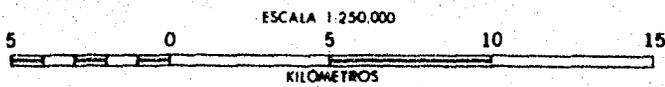
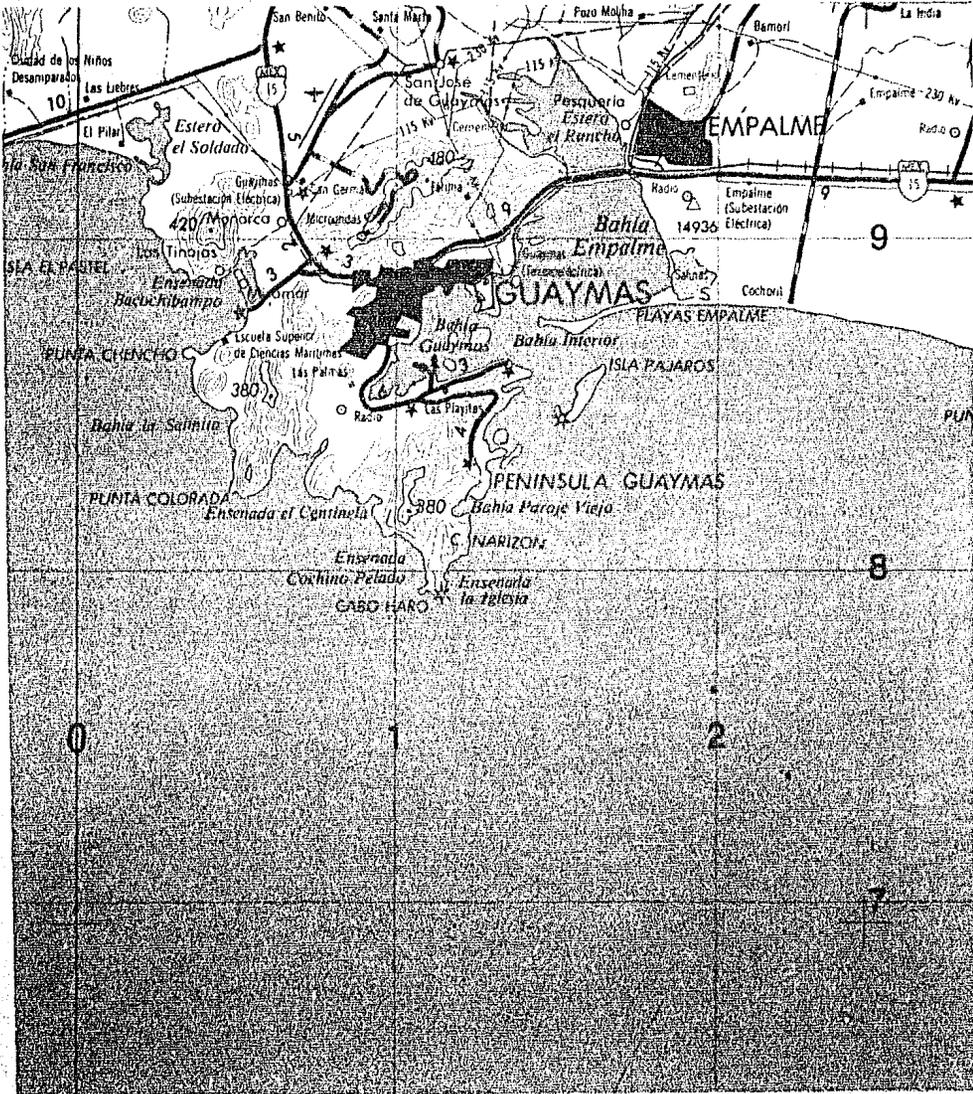
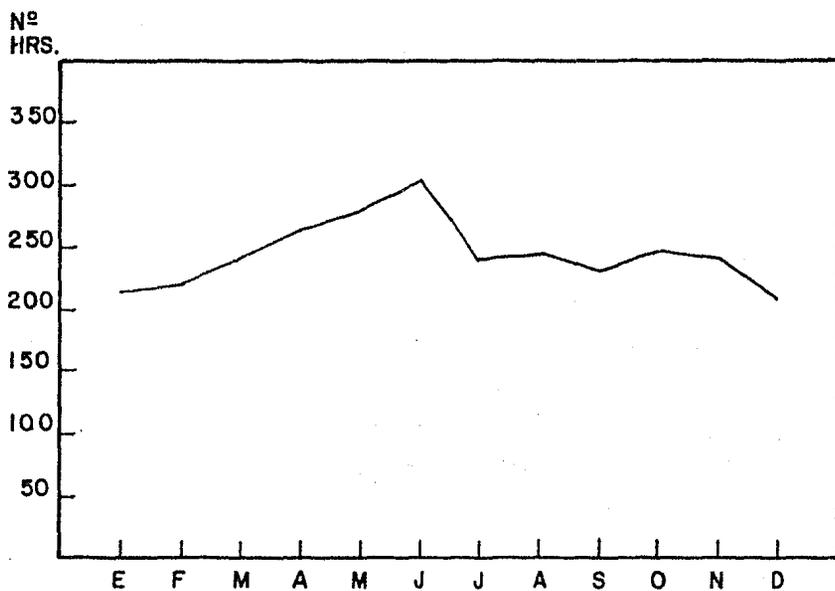


Fig. 33

VARIACION ANUAL DE LA INSOLACION EN  
GUAYMAS, SON. PERIODO 1971-1975.



INSOLACION TOTAL ANUAL : 2 9 5 1 H O R A S .

FIG.34

FRECUENCIA DE DIAS DESPEJADOS Y CON LLUVIA EN GUAYMAS, SON. PERIODO 1971-1975.

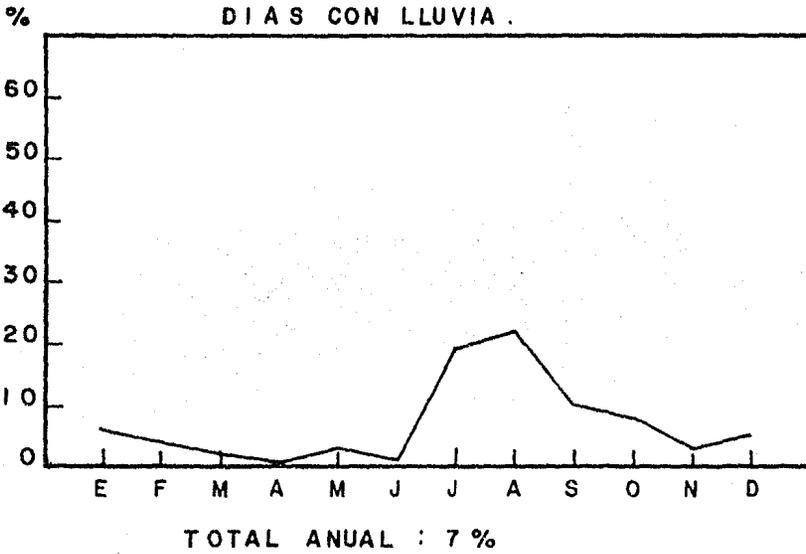
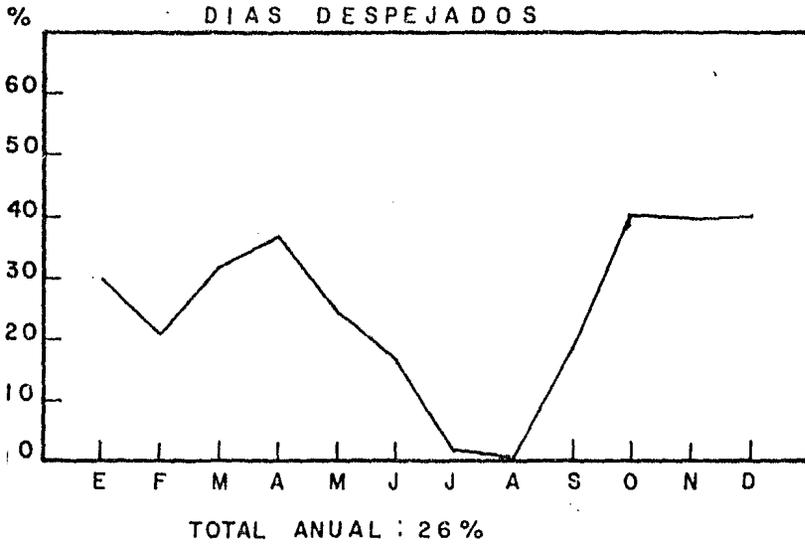
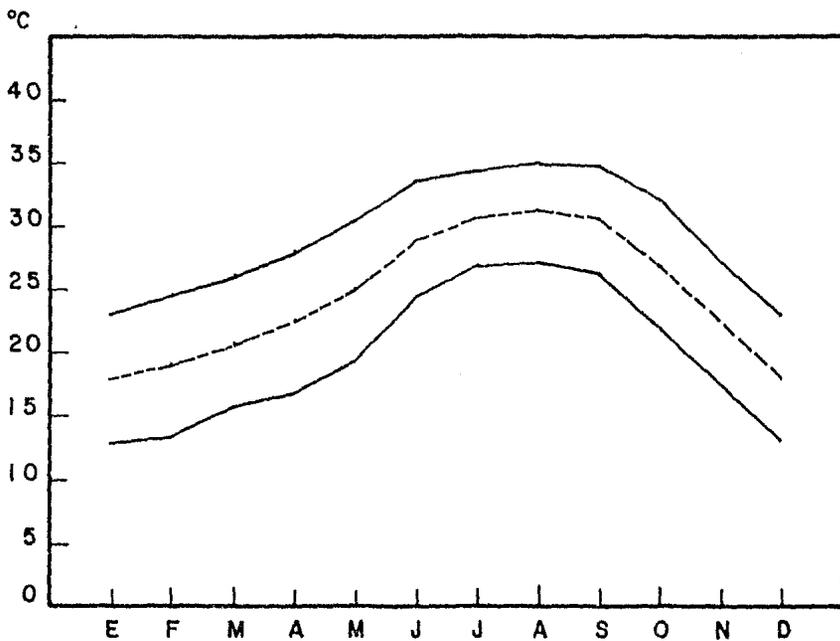


FIG.35

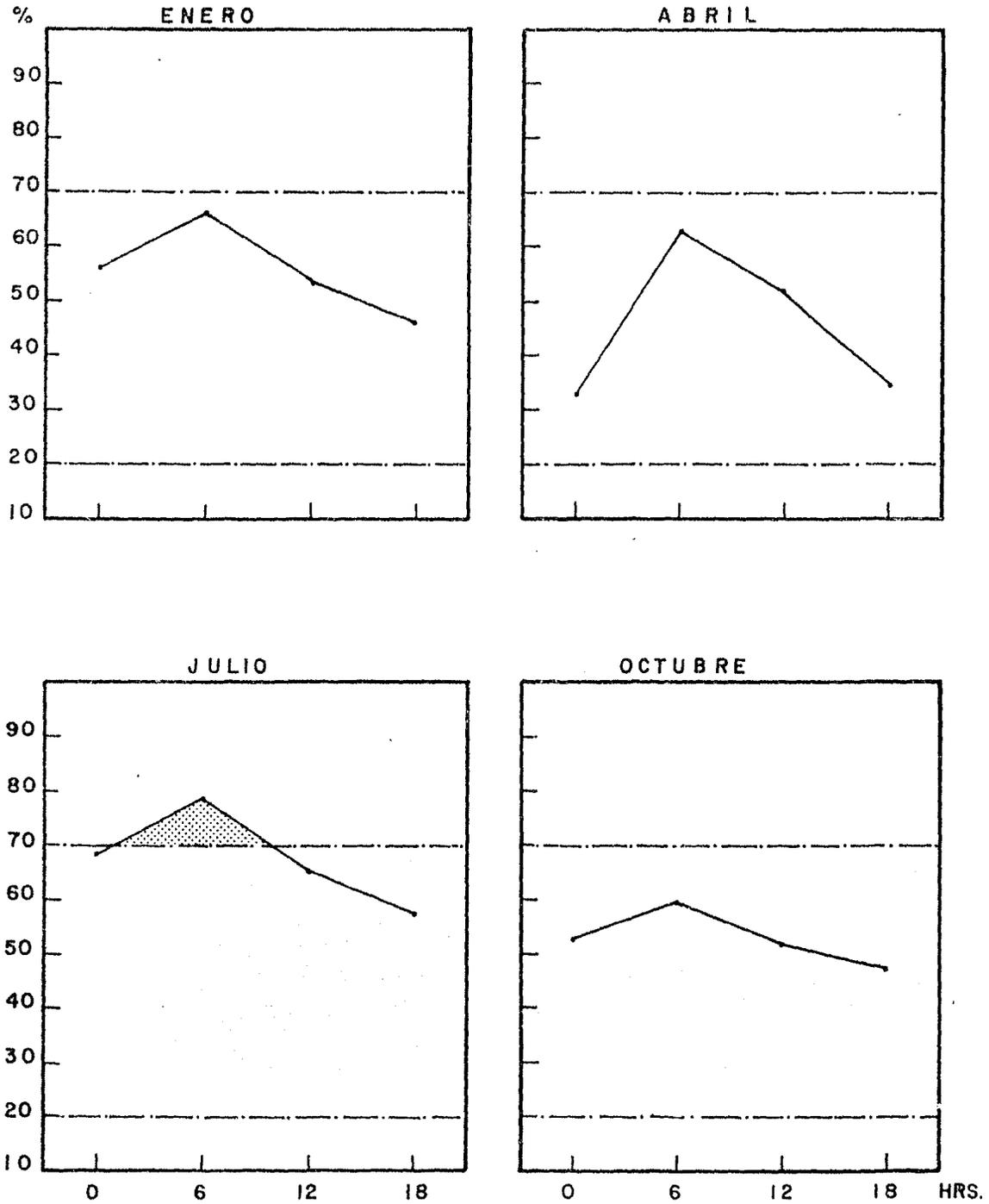
VARIACION ANUAL DE LA TEMPERATURA MAXIMA  
Y MINIMA EN GUAYMAS, SON. PERIODO  
1974 - 1975.



TEMPERATURA MEDIA-----

FIG. 36

VARIACION DIURNA DE LA HUMEDAD RELATIVA EN GUAYMAS, SON. DURANTE LOS MESES DE ENERO, ABRIL, JULIO Y OCTUBRE. PERIODO 1974-1975.



LIMITES DE COMODIDAD (20% y 70%)

FIG. 37

VARIACION DIURNA DE LA TEMPERATURA DEL BULBO SECO Y HUMEDO EN GUAYMAS, SON. DURANTE LOS MESES DE ENERO, ABRIL, JULIO Y OCTUBRE. PERIODO 1974-1975.

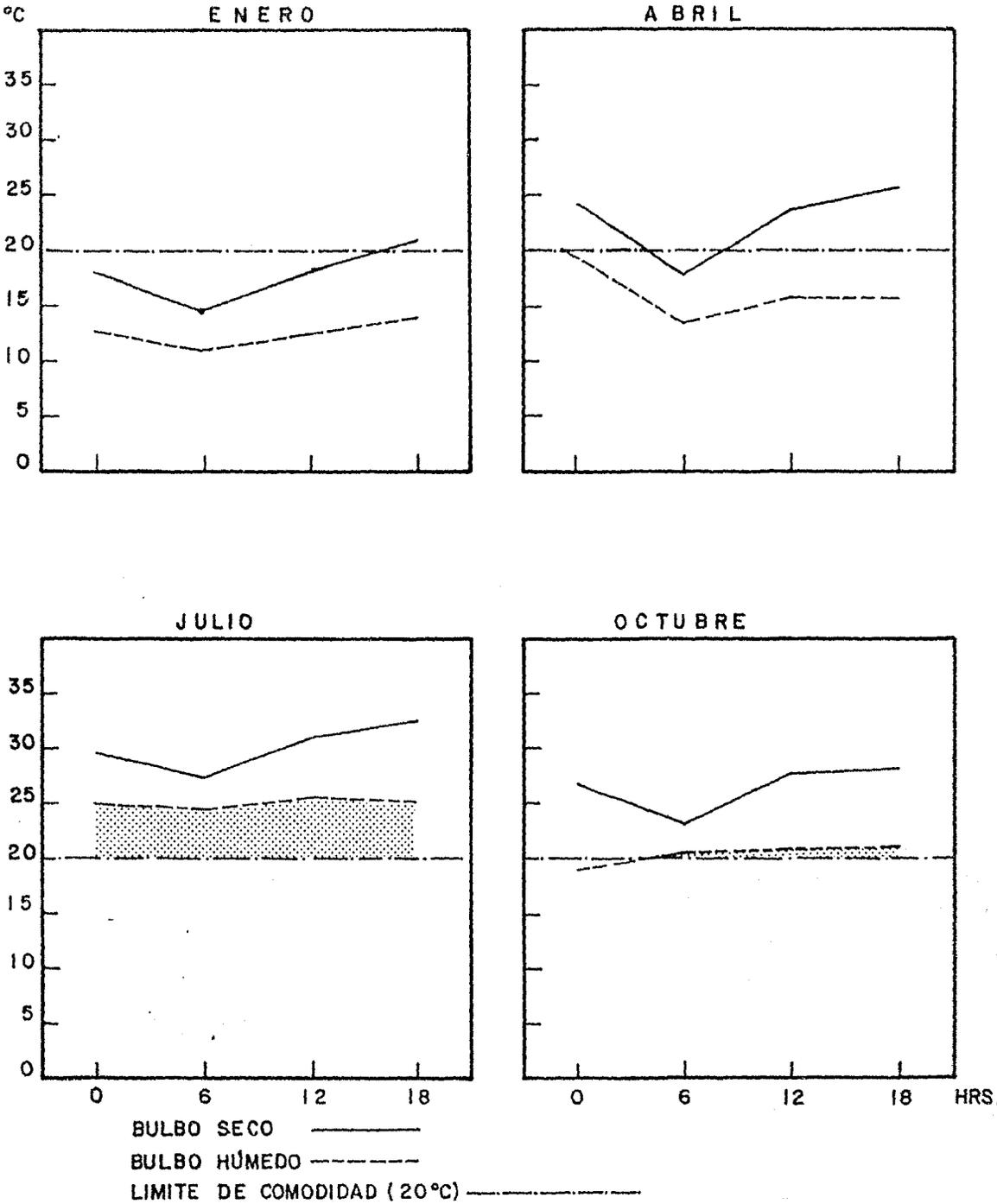


FIG. 38

VARIACION DIURNA DEL INDICE DE INCOMODIDAD ( $TS+TH/2$ ) EN GUAYMAS, SON DURANTE LOS MESES DE ENERO, ABRIL, JULIO Y OCTUBRE. PERIODO 1974-1975.

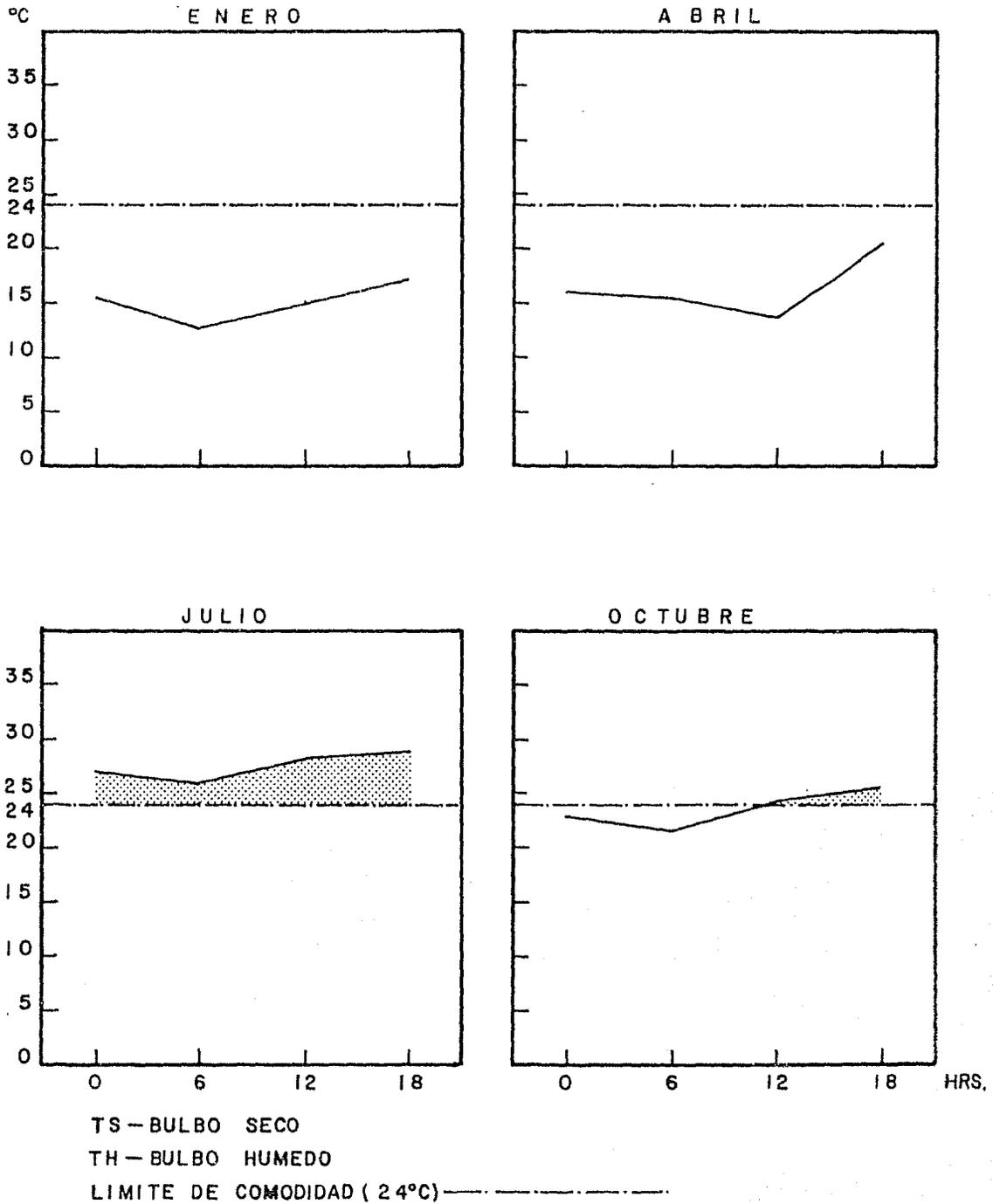


FIG. 39

VARIACION DIURNA DE LA INTENSIDAD MEDIA DEL VIENTO EN GUAYMAS, SON. DURANTE LOS MESES DE ENERO, ABRIL, JULIO Y OCTUBRE. PERIODO 1974-1975.

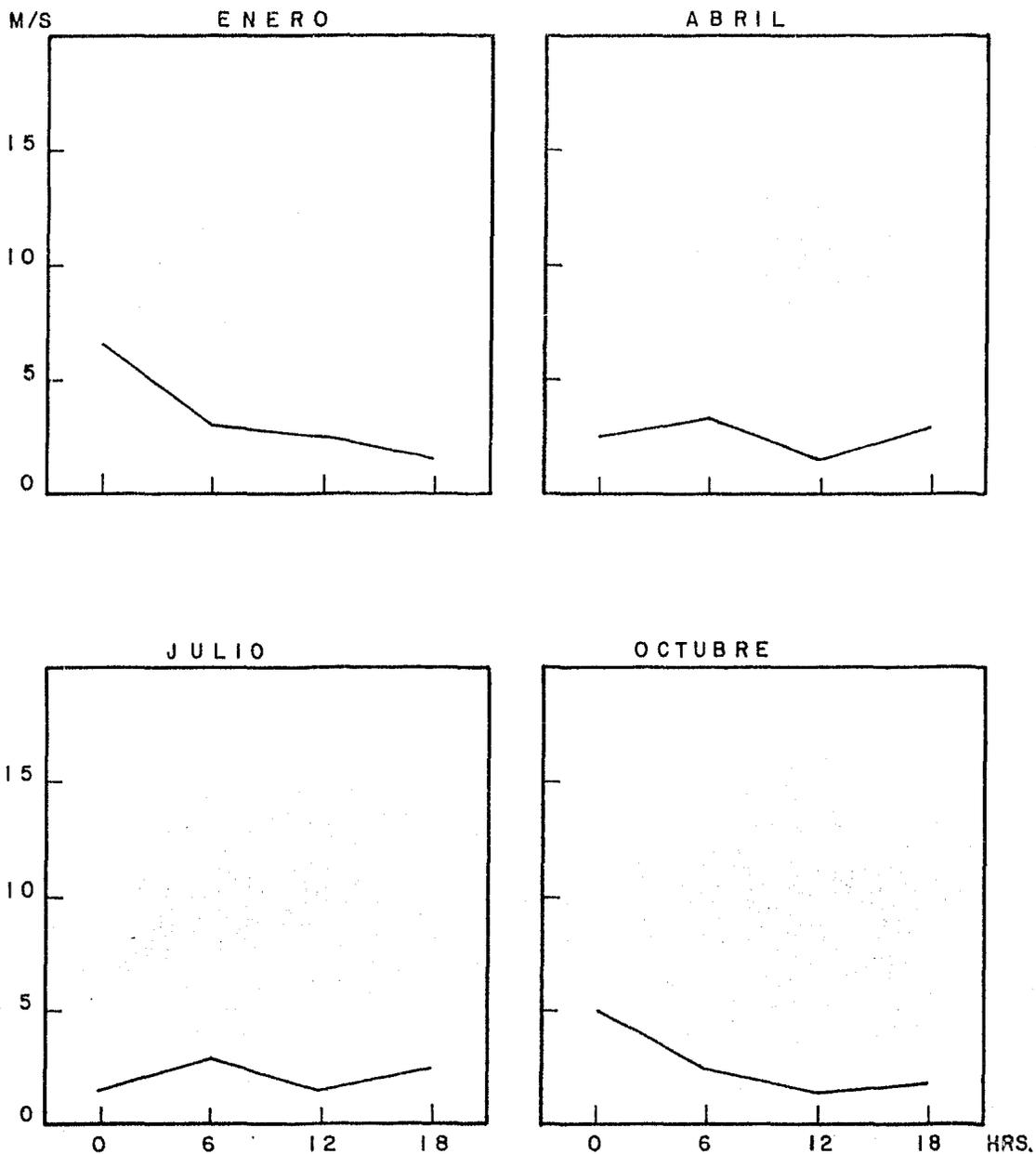


FIG. 40

Tabla IVa

GUAYMAS, SON.		INSOLACION Hrs.								PERIODO: 1971 - 1975			
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL	
215	222	241	266	278	305	242	245	234	249	242	213	2951	

Tabla IVb

GUAYMAS, SON.		DIAS DESPEJADOS								PERIODO: 1971 - 1975			
No. Días	9	6	10	11	7	5	1	0	6	12	12	12	
%	30	21	32	37	25	17	3	0	19	41	40	41	

Tabla IVc

GUAYMAS, SON.		DIAS CON LLUVIA								PERIODO: 1971 - 1975			
No. Días	2	1	1	0	1	1	6	7	3	2	1	2	
%	7	4	2	0	3	1	19	23	11	8	3	5	

Tabla IVd

GUAYMAS, SON.		TEMPERATURA °C								PERIODO: 1974 - 1975			
Máx.	23	25	26	28	31	34	35	35	35	32	27	23	
Min.	13	14	16	17	20	25	27	27	26	22	18	13	
Med.	18	19	21	23	25	29	31	31	31	27	23	18	
Osc.	10	11	10	11	11	9	8	8	9	10	9	10	

Tabla IV e

GUAYMAS, SON.		HUMEDAD RELATIVA %				PERIODO: 1974 - 1975			
Mes/hrs		00	06	12	18				
ENERO		56	66	54	46				
ABRIL		33	63	52	35				
JULIO		69	79	65	58				
OCTUBRE		53	60	52	48				

Tabla IVf

GUAYMAS, SON.				TEMPERATURA °C	PERIODO: 1974 - 1975			
BULBO SECO (TS)					BULBO HUMEDO (TH)			
Mes/hrs	00	06	12	18	00	06	12	18
ENERO	18	15	18	21	13	11	13	14
ABRIL	24	18	24	26	14	14	16	15
JULIO	30	27	31	33	25	25	26	25
OCTUBRE	27	23	28	28	19	20	21	21

Tabla IVg

GUAYMAS, SON.		TS+TH Y	TS+TH/2 °C	PERIODO: 1974 - 1975	
Mes/hrs		00	06	12	18
ENERO	TS+TH	31	26	30	35
	TS+TH/2	16	13	15	17
ABRIL	TS+TH	38	31	28	41
	TS+TH/2	16	16	14	21
JULIO	TS+TH	55	52	57	58
	TS+TH/2	27	26	28	29
OCTUBRE	TS+TH	46	43	49	49
	TS+TH/2	23	22	24	25

Tabla IVh

GUAYMAS, SON.		CARGA DE CALOR (TS+TH/2)				PERIODO: 1974 - 1975	
Clase/Mes		ENE	ABR	JUL	OCT	No. de Eventos/Frecuencia %	
1		4-100	4-100	--	1-25		
2		--	--	--	1-25		
3		--	--	2-50	2-50		
4		--	--	2-50	--		

Tabla IVi

GUAYMAS, SON. INTENSIDAD MEDIA DEL VIENTO (m/s) Y PERIODO 1974 - 1975  
FRECUENCIA DE CALMAS (%)

	ENERO				ABRIL			
Horas	00	06	12	18	00	06	12	18
Int.	7	3	3	2	3	3	2	3
Calmas	58	82	60	29	33	88	52	2
	JULIO				OCTUBRE			
Int.	2	3	1	2	5	3	2	2
Calmas	58	81	27	5	68	74	53	2

Tabla IVj

GUAYMAS, SON. DIRECCION DEL VIENTO (%) PERIODO 1974 - 1975  
Y CALMAS (%)

ENERO	Frecuencia (5)/Intensidad (m/s)								
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C
Horas									
03-09	18-5	0-0	1-1	1-4	0-0	0-0	2-1	3-3	76
12-18	16-4	1-1	4-1	4-2	1-2	1-2	17-1	5-2	52
ABRIL									
Horas									
03-09	7-5	1-4	0-0	1-1	0-0	0-0	2-3	2-4	88
12-18	3-3	0-0	3-1	3-1	4-2	6-2	38-2	17-3	26
JULIO									
Horas									
03-09	1-2	3-3	2-2	15-2	2-1	0-0	0-0	0-0	79
12-18	0-0	1-1	5-1	22-1	16-2	19-2	12-3	1-1	25
OCTUBRE									
Horas									
03-09	6-10	3-1	2-1	7-2	0-0	0-0	2-2	5-3	76
12-18	4-2	1-2	3-1	10-2	4-2	5-2	43-2	1-2	29

### 5.2.5 CD. OBREGON, SON.

#### Aspectos Físicos

Se localiza a 27°29' de latitud norte, y 109°57' de longitud oeste, con una altitud de 35 m, constituyendo otra ciudad interior dentro del área de estudio.

La topografía en Cd. Obregón es bastante uniforme, no presentando elevaciones. Hacia el este, y fuera de la ciudad, se encuentran las sierras de Baroyeca y de Bucuaque; hacia el SE, la sierra de Alamos, y hacia el NW, la de Bacatete Yaqui. (Fig. 41)

No existen corrientes fluviales en la ciudad y sólo hacia el norte de ella fluye el río Yaqui.

El clima correspondiente a esta estación, es BW(h')w(e'), Seco Desértico, cálido, con temperatura media anual superior a 22°C, y temperatura media del mes más frío sobre 18°C, con régimen de lluvias de verano, presentando un porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2; es un clima muy extremoso, con oscilación mayor de 14°C.

#### Insolación

Al año se presenta una insolación total de 3068 horas, ocurriendo la máxima en junio (308 horas), y en mayo (306 horas). La menor insolación se presenta durante el invierno. (Fig. 42)

#### Días Despejados y Días con Lluvia

Los días despejados constituyen alrededor del 36%, y se concentran en los meses de mayo, octubre y noviembre. (Fig. 43)

Los días con lluvia representan únicamente un 7%, correspondiente a los meses de julio, agosto y septiembre. (Fig. 43)

#### Temperatura

A partir de abril y hasta noviembre inclusive, se presentan las temperaturas máximas más altas; sus valores fluctúan entre 29°C y 37°C, siendo junio el mes con más elevada temperatura máxima: 37°C. (Fig. 44)

Las temperaturas mínimas más bajas tienen lugar de enero a mayo y de octubre a diciembre, con valores entre 6°C y 17°C. (Fig. 44)

#### Humedad Relativa

Los porcentajes más elevados de humedad relativa se presentan en las primeras horas del día, de las 0 hrs a las 6 hrs, superando en los meses estudiados, el límite superior de 70%, alcanzando valores hasta de 95% en enero a las 6 hrs. (Fig. 45)

#### Temperatura del Bulbo Húmedo

La temperatura del bulbo húmedo supera desde las 0 hrs hasta las 18 hrs, el límite de comodidad de 20°C, no siendo muy altos los valores por lo general. El valor máximo se registra a las 0 hrs con 25°C, de igual manera que a las 12 hrs, en julio. (Fig. 46)

#### Índice de Incomodidad (Sohar et al., 1978)

Durante el verano, el 25% de la carga de calor es ligera; un 25% moderada y 50% severa; en octubre la situación es menos crítica ya que la carga de calor es de un 50% nula, y en el 50% restante es moderada. Los meses de enero y abril no acusan carga de calor.

#### Índice de Incomodidad (Tennenbaum, 1961)

Por lo que respecta al criterio sostenido por el autor de este índice, los meses de julio y octubre reportan períodos de incomodidad; en julio, abarca de las 0 hrs a las 18 hrs, siendo máximo a las 12 hrs: 57°C.

En octubre el período de incomodidad es menor al de julio, abarcando de las 12 hrs a las 18 hrs. (Tabla Vg)

#### Ventilación

##### a) Intensidad

Existe una dominante frecuencia de calmas a lo largo del año y principalmente durante las primeras horas del día. La menor frecuencia de calmas, alrededor de las 18 hrs, coincide con las intensidades mayores, que se registran por la tarde. La mayor intensidad se presenta en julio a las 18 hrs (6 m/s),

y la menor (1 m/s) en enero a las 6 hrs, (Fig. 48)

#### b) Dirección

Las direcciones dominantes por la mañana son NW, SE, N, y NE, correspondientes a vientos de montaña; en este período se presentan las más bajas intensidades, a diferencia del período vespertino en que se registran las mayores, con direcciones del NW, W, N, S, SW, E y SE.

#### c) Variación Estacional

Tanto en la mañana como en la tarde predominan vientos con componente del oeste: NW y W, que corresponden a vientos frescos equivalentes a brisas, reforzados por los vientos inducidos por el anticiclón del Pacífico nororiental. (Figs. 57 y 58)

A diferencia del invierno y primavera, en el verano cobran importancia por la mañana los vientos con componente del N y E: N, NE y SE, correspondientes a vientos de montaña. Por la tarde se presentan las brisas del W. (Figs. 59 y 60)

Se observan también en primavera vientos del oeste: SW, W, NW, correspondientes asimismo a brisas, principalmente por la tarde, y son las de mayor frecuencia a lo largo del año. (Tabla Vj)

Durante el otoño, en la mañana hay vientos de montaña del N, y por la tarde, brisas del W y SW. (Tabla Vj)

#### Resumen

Las temperaturas máximas son elevadas a lo largo de todo el año, y principalmente en los meses del verano como junio, en que se llegan a alcanzar 37°C; esto se relaciona con la mayor insolación durante los meses de mayo y junio.

La oscilación diurna es amplia en todas las épocas del año por lo que también se llega a presentar incomodidad por frío.

El verano y el otoño son las épocas en que se experimenta mayor incomodidad en el ambiente, principalmente al mediodía, siendo notablemente mayor du-

rante el verano.

La sensación de bochorno se presenta no sólo por las elevadas temperaturas, sino también por la elevada humedad en las primeras horas del día. Sin embargo, dado que esta humedad máxima no se presenta en las horas de mayor calor, no se combinan desfavorablemente sus efectos.

El componente de los vientos que tienen lugar en esta zona es del oeste, por la influencia del anticiclón del Pacífico nororiental.

En invierno y primavera no tienen importancia los vientos de montaña, a diferencia del invierno y otoño en que se presentan con direcciones del N y del NE. Los meses de primavera y de invierno resultan los menos incómodos desde el punto de vista bioclimático.

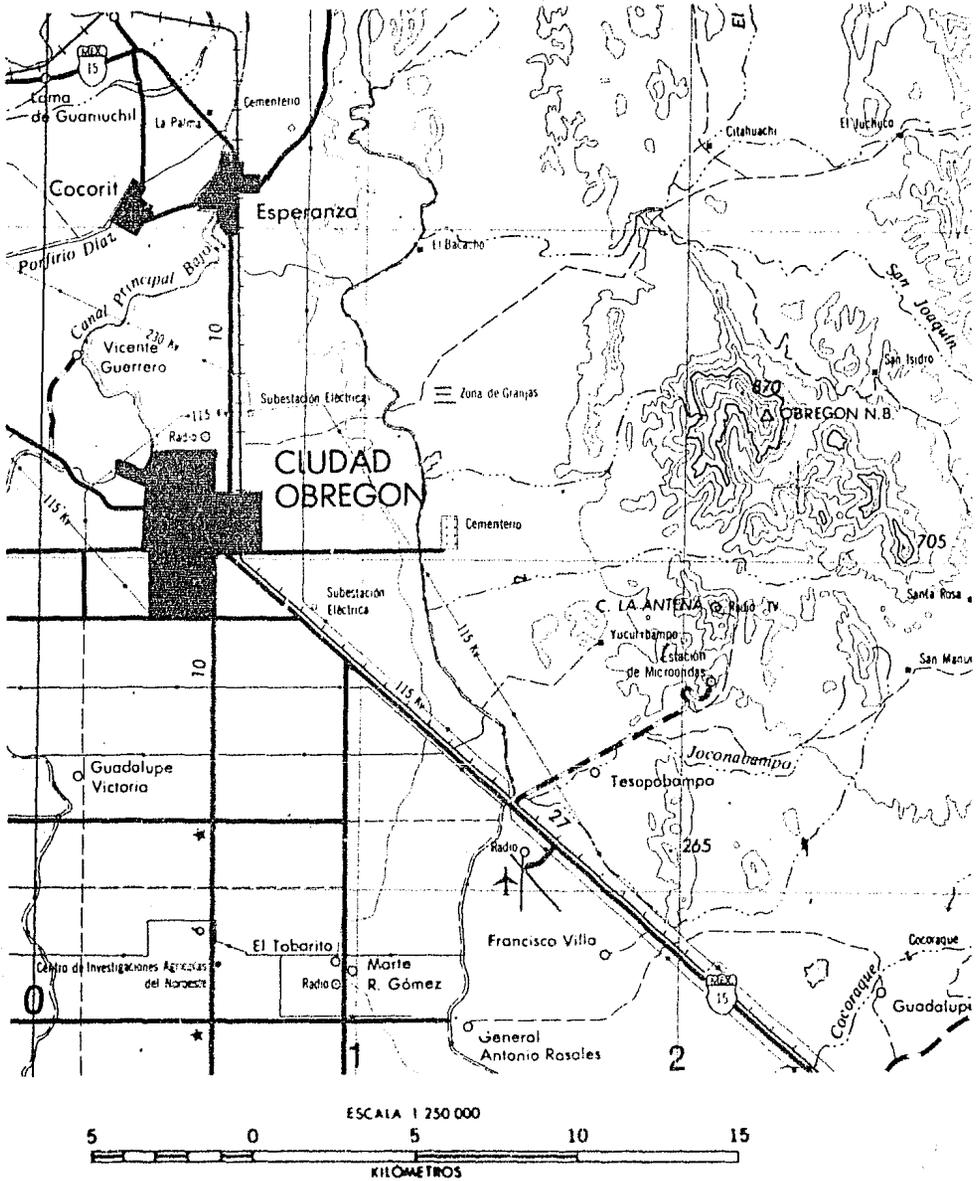
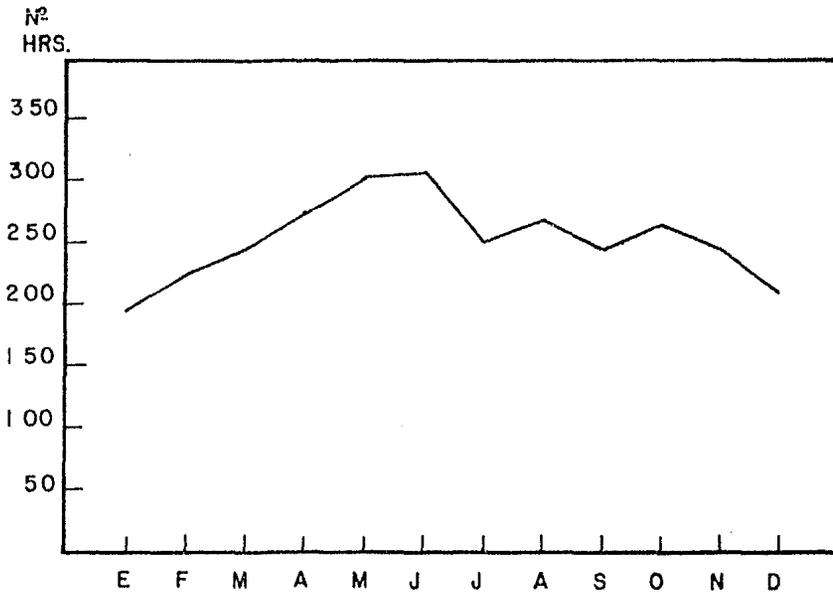


Fig.41

VARIACION ANUAL DE LA INSOLACION EN  
CD.OBREGON, SON. PERIODO 1975-1976.



INSOLACION TOTAL ANUAL : 3 0 6 8 HORAS.

FIG. 42

FRECUENCIA DE DIAS DESPEJADOS Y CON LLUVIA  
 EN CD. OBREGON, SON. PERIODO 1975 - 1979 .

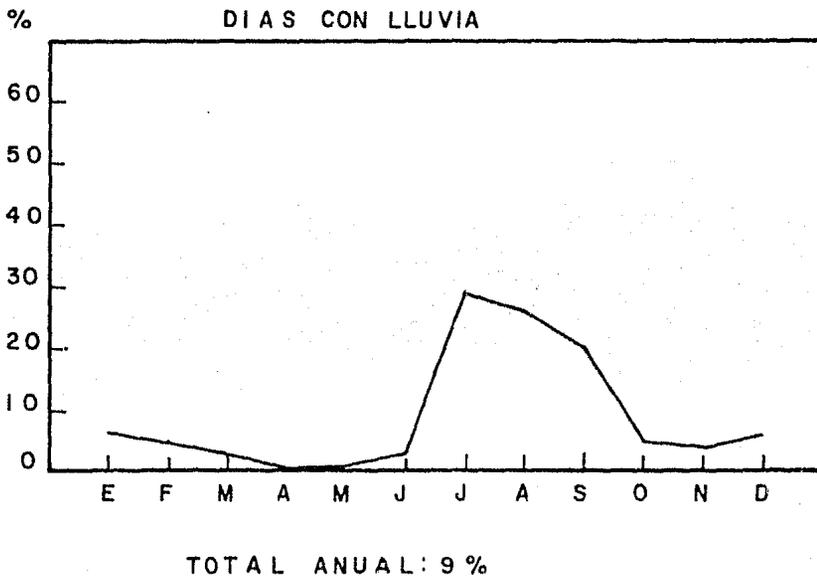
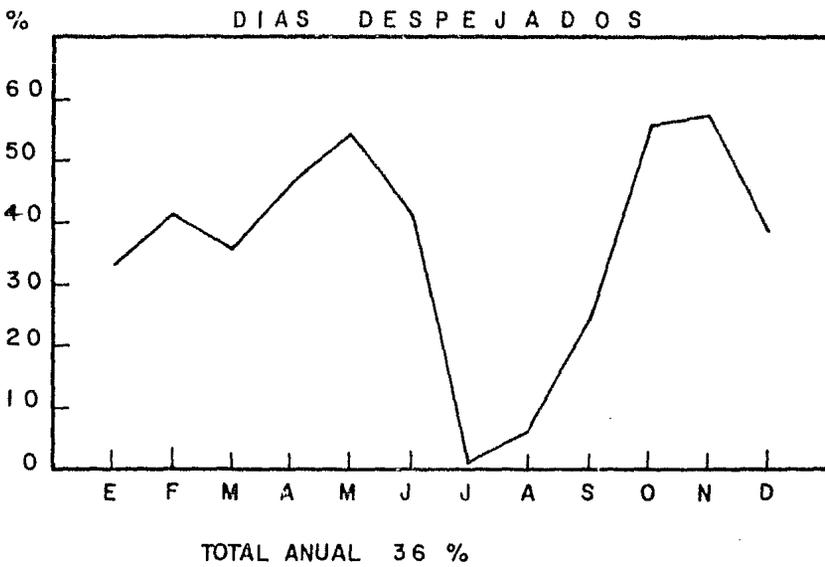


FIG. 43

VARIACION ANUAL DE LA TEMPERATURA  
MAXIMA Y MINIMA EN CD. OBREGON, SON.  
PERIODO 1975 - 1976 .

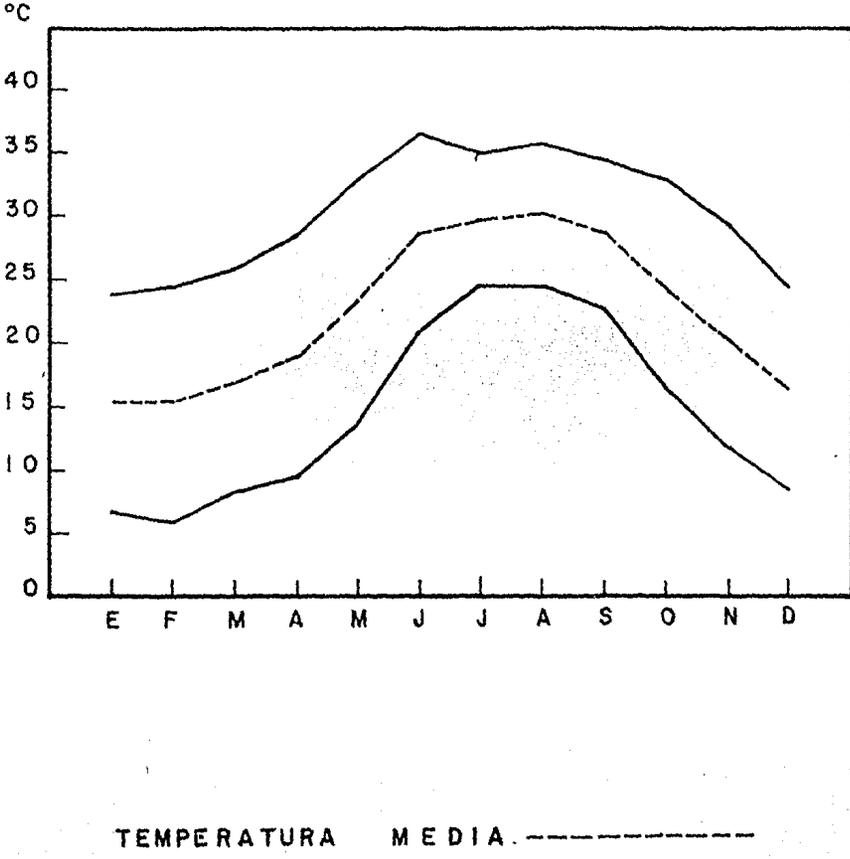


FIG. 44

VARIACION DIURNA DE LA HUMEDAD RELATIVA EN CD.OBREGON, SON.DURANTE LOS MESES DE ENERO,ABRIL,JULIO Y OCTUBRE. PERIODO 1975-1976.

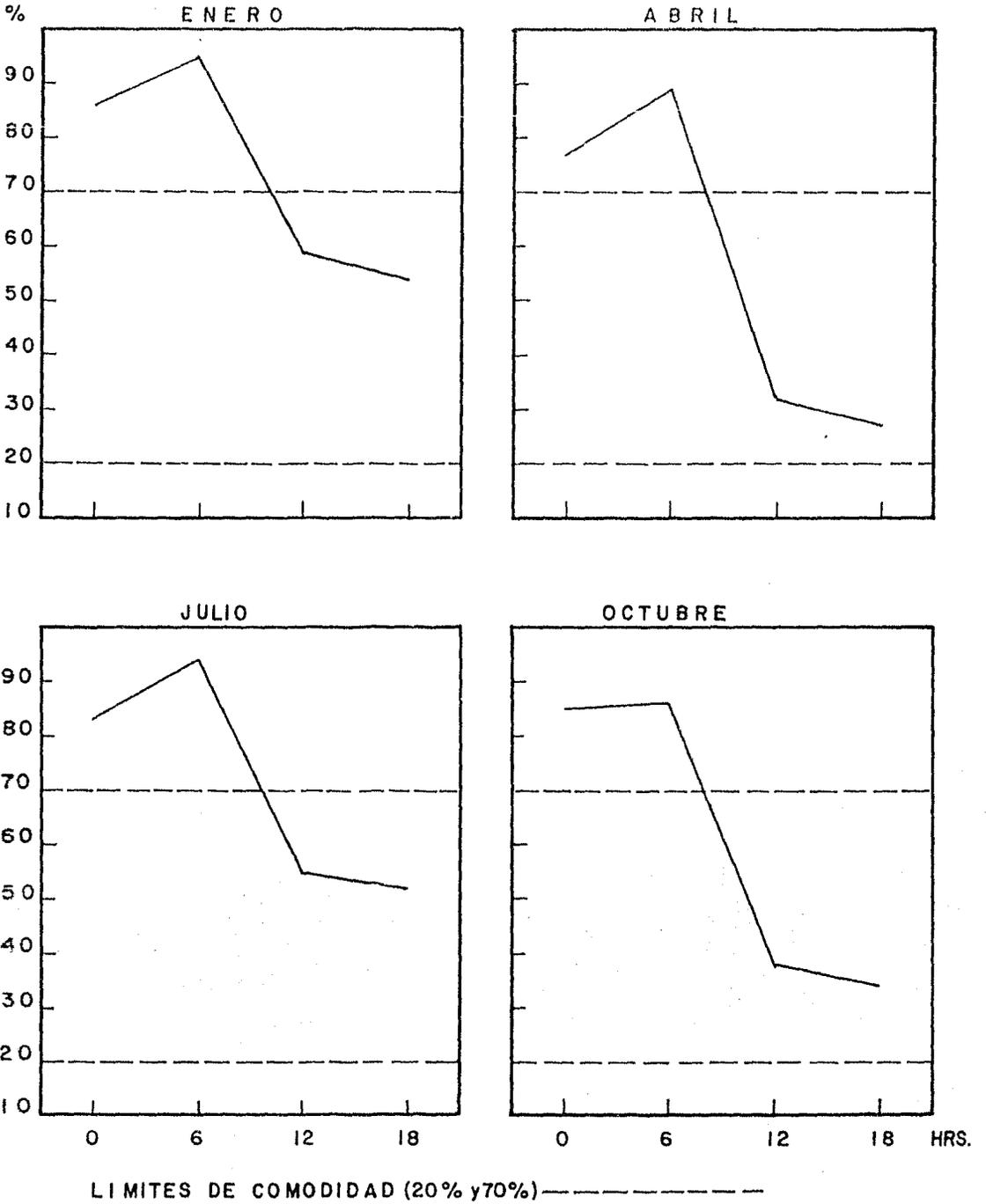


FIG.45

VARIACION DIURNA DE LA TEMPERATURA DEL BULBO SECO Y HUMEDO EN CD.OBREGON SON.DURANTE LOS MESES DE ENERO, ABRIL, JULIO Y OCTUBRE. PERIODO 1975-1976.

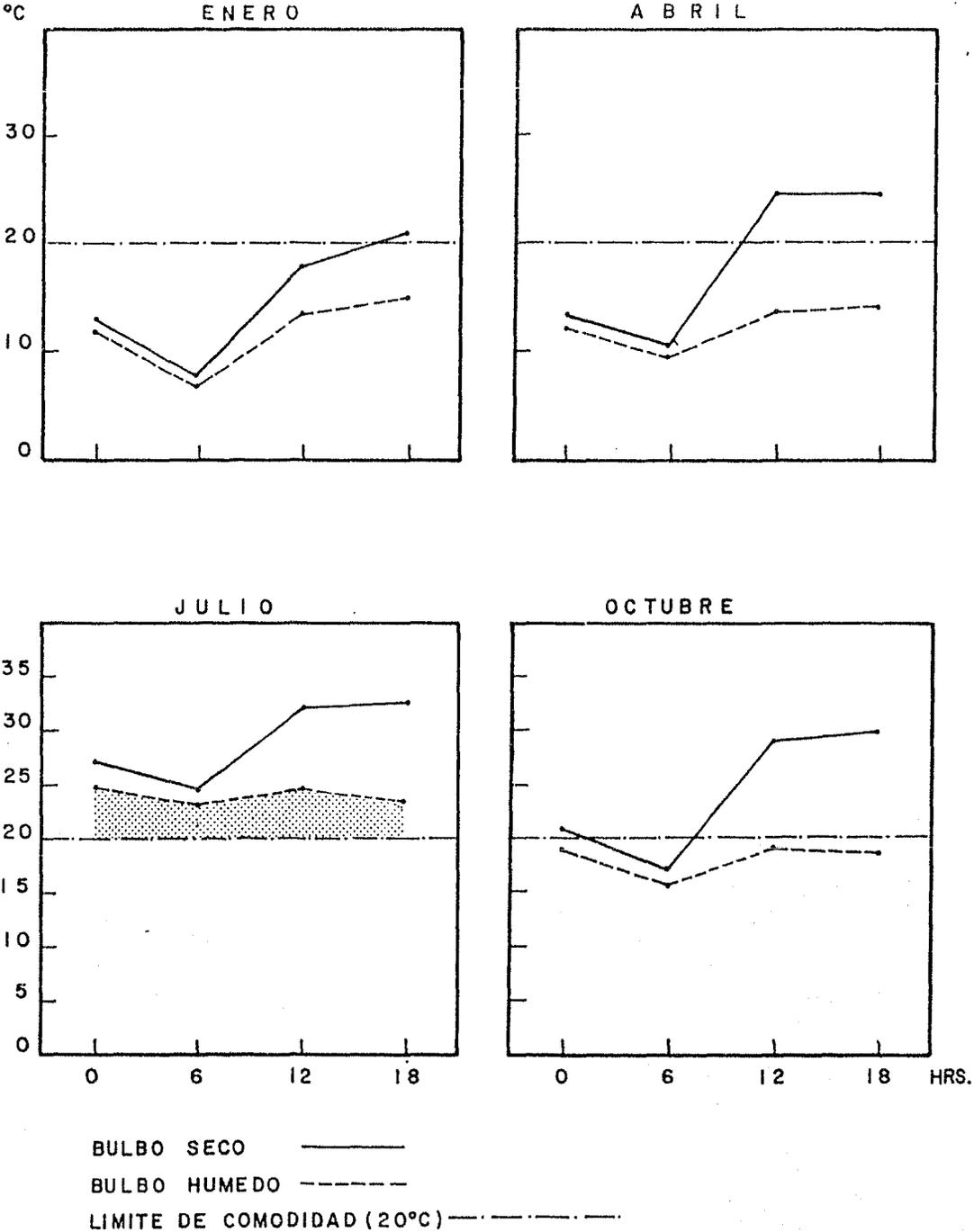


FIG. 46

VARIACION DIURNA DEL INDICE DE INCOMODIDAD (TS+TH/2)  
 EN CD. OBREGON, SON. DURANTE LOS MESES DE ENERO, ABRIL,  
 JULIO Y OCTUBRE. PERIODO 1975-1976.

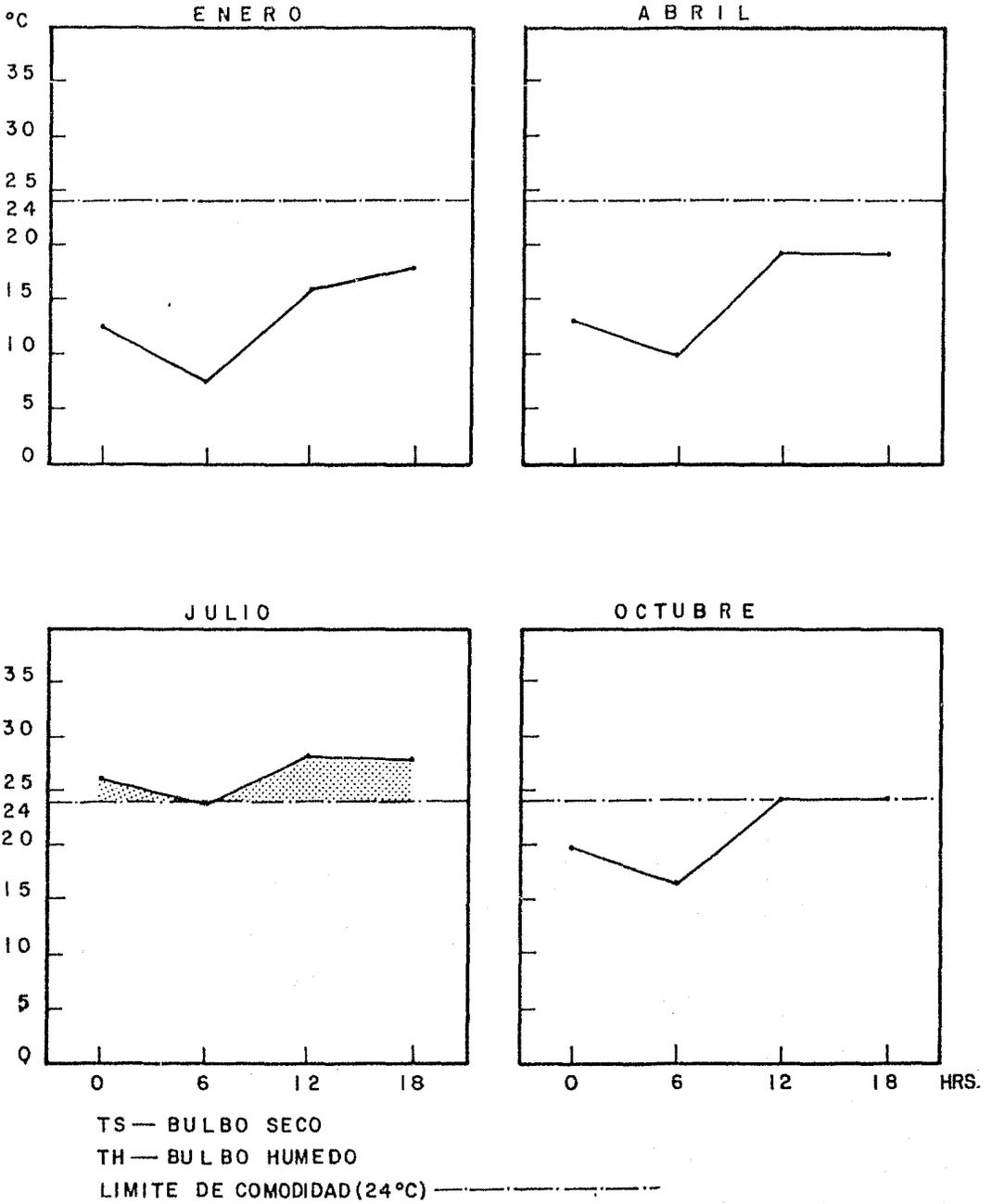


FIG. 47.

VARIACION DIURNA DE LA INTENSIDAD MEDIA DEL VIENTO EN CD. OBREGON, SON. DURANTE LOS MESES DE ENERO, ABRIL, JULIO Y OCTUBRE. PERIODO 1975-1976.

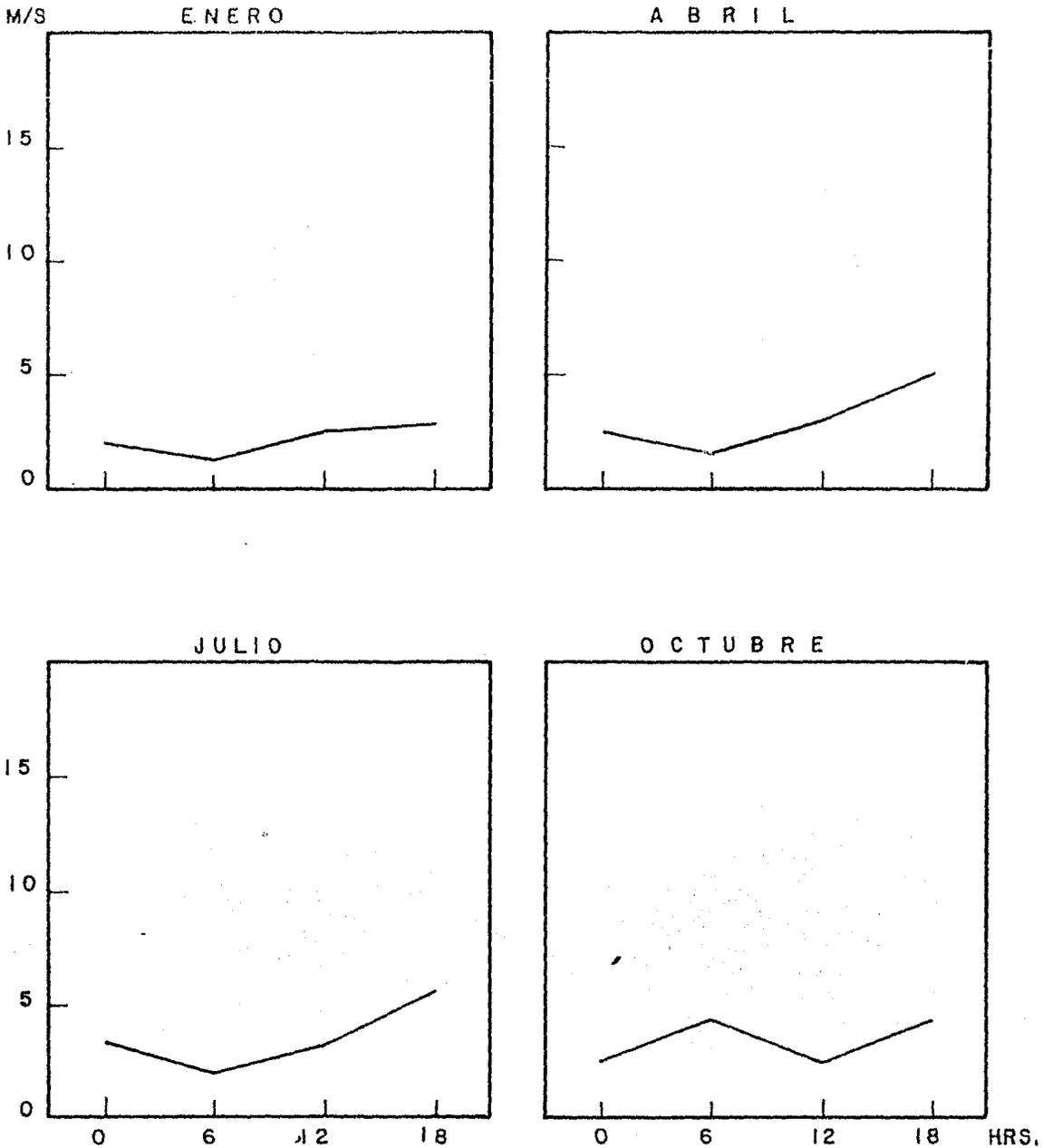


FIG. 48

Tabla Va

CD. OBREGON, SON.		INSOLACION Hrs								PERIODO: 1975-1979			
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
	199	228	249	277	306	308	253	271	249	267	248	213	3068

Tabla Vb

CD. OBREGON, SON.		DIAS DESPEJADOS								PERIODO: 1975-1979			
No. Días	10	12	11	14	16	12	0	2	7	17	17	12	
%	33	41	37	46	55	41	0	6	25	57	57	39	

Tabla Vc

CD. OBREGON, SON.		DIAS CON LLUVIA								PERIODO: 1975-1979			
No. Días	2	1	1	0	0	1	9	8	6	2	1	2	
%	7	4	3	0	0	3	29	27	20	5	5	6	

Tabla Vd

CD. OBREGON, SON.		TEMPERATURA °C								PERIODO: 1975-1976			
Máx.	24	25	26	29	33	37	35	36	35	33	30	25	
Mín.	7	6	8	10	14	21	25	25	23	17	12	9	
Med.	15	15	17	19	23	29	30	30	29	25	21	17	
Osc.	17	19	18	19	19	16	10	11	12	16	18	16	

Tabla Ve

CD. OBREGON, SON.		HUMEDAD RELATIVA %				PERIODO: 1975-1976							
Mes/hrs		00	06	12	18								
ENERO		86	95	59	54								
ABRIL		77	89	32	27								
JULIO		83	94	55	52								
OCTUBRE		85	86	38	34								

Tabla Vf

CD. OBREGON, SON.		TEMPERATURA °C				PERIODO: 1975-1976			
		BULBO SECO (TS)				BULBO HUMEDO (TH)			
Mes/hrs	00	06	12	18	00	06	12	18	
ENERO	13	8	18	21	12	7	14	15	
ABRIL	14	10	25	25	12	10	14	14	
JULIO	27	25	32	33	25	24	25	24	
OCTUBRE	21	17	29	30	19	16	19	19	

Tabla Vg

CD. OBREGON, SON.		TS+TH Y TS+TH/2 °C				PERIODO: 1975-1976			
Mes/hrs		00	06	12	18				
ENERO	TS+TH	25	16	32	36				
	TS+TH/2	13	8	16	18				
ABRIL	TS+TH	26	20	38	39				
	TS+TH/2	13	10	19	19				
JULIO	TS+TH	52	48	57	56				
	TS+TH/2	26	24	28	28				
OCTUBRE	TS+TH	40	33	48	49				
	TS+TH/2	20	17	24	24				

Tabla Vh

CD. OBREGON, SON.		CARGA DE CALOR (TS+TH/2)				PERIODO: 1975-1976			
Clase/Mes		ENE	ABR	JUL	OCT				
		No. de Eventos/Frecuencia %							
1		4-100	4-100	-	2- 50				
2		-	-	1- 25	-				
3		-	-	1- 25	2- 50				
4		-	-	2- 50	-				

Tabla Vi

CD. OBREGON, SON. INTENSIDAD MEDIA DEL VIENTO (m/s) Y FRECUENCIA DE CALMAS (%) PERIODO: 1975-1976

		ENERO				ABRIL			
Horas		00	06	12	18	00	06	12	18
Int.		2	1	3	3	3	2	3	5
Calmas		92	77	53	26	90	85	33	3
		JULIO				OCTUBRE			
Int.		3	2	3	6	3	4	3	4
Calmas		74	77	45	13	94	89	53	2

Tabla Vj

CD. OBREGON, SON. DIRECCION DEL VIENTO (%) Y CALMAS (%) PERIODO: 1975-1976

ENERO		Frecuencia(%) / Intensidad (m/s)							
Horas	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C
06-09	3-2	1-2	0-0	0-0	2-1	0-0	0-0	12-1	82
12-18	3-5	0-0	0-0	0-0	1-2	2-1	28-3	32-2	34
ABRIL									
Horas	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C
06-09	2-2	0-0	1-1	3-4	0-0	2-2	1-1	7-2	85
12-18	0-0	0-0	0-0	0-0	2-8	27-5	41-5	16-3	14
JULIO									
Horas	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C
06-09	7-2	6-2	2-5	7-5	1-1	1-1	0-0	2-1	61
12-18	2-6	0-0	2-8	4-4	9-6	38-6	16-4	7-2	24
OCTUBRE									
Horas	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C
06-09	6-3	2-5	4-4	0-0	1-1	0-0	1-26	2-1	86
12-18	4-3	0-0	1-6	2-6	3-6	18-4	33-4	9-2	31

## 5.2.6 CULIACAN, SIN.

### Aspectos Físicos

Ubicada a  $24^{\circ}48'$  de latitud norte y  $107^{\circ}24'$  de longitud oeste, con una altitud de 53 m, Culiacán dentro de la zona de estudio representa una ciudad interior, en el estado de Sinaloa.

El relieve no alcanza grandes altitudes, concentrándose hacia el este en las estribaciones de la Sierra Madre Occidental, representada localmente por la Sierra de Tepehuanes, y hacia el sureste por la Sierra de Tacuichamona. (Fig. 49)

La hidrología está caracterizada por el río Culiacán que nace en la vertiente occidental de la Sierra Madre Occidental.

Las condiciones climáticas son en Culiacán un poco menos severas que en las demás estaciones estudiadas ya que su clima corresponde al menos seco de los BS:  $BS_1(h')w(e)$ , Seco Estepario con cociente precipitación/temperatura mayor a 22.9; cálido con temperatura media anual sobre  $22^{\circ}\text{C}$  y temperatura media del mes más frío sobre  $18^{\circ}\text{C}$ . Su régimen de lluvias es de verano con porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2; es extremoso ya que la oscilación anual de las temperaturas medias mensuales se encuentra entre  $7^{\circ}\text{C}$  y  $14^{\circ}\text{C}$ .

### Insolación

Las máximas insolaciones se concentran en los meses de mayo (292 horas) y junio (274 horas), siendo de 2765 horas la insolación total anual. (Fig. 50)

### Días Despejados y Días con Lluvia

Alrededor de un 50% de los días en Culiacán son despejados. Los días que presentan lluvia se concentran en julio, agosto y septiembre, representando un 14% del total anual. (Fig. 51)

### Temperatura

Las temperaturas máximas son elevadas a lo largo de todo el año con valores entre  $28^{\circ}\text{C}$  y  $36^{\circ}\text{C}$ , pertenecientes las más altas a los meses de marzo a noviembre, en que son superiores a  $30^{\circ}\text{C}$ . (Fig. 52)

Las temperaturas mínimas más bajas ocurren en enero, febrero, marzo, abril, mayo, noviembre y diciembre, siendo por lo general inferiores a 17°C. (Fig. 52)

#### Humedad Relativa

La incomodidad por humedad ambiental se presenta prácticamente durante todo el año, siendo mayor el período crítico en enero en que se alcanza a las 6 hrs, un valor de 88% de humedad relativa, que es el más alto. (Fig. 53)

Durante las primeras horas del día es mayor la humedad relativa, hasta aproximadamente las 6 hrs, para luego ir descendiendo a medida que avanza el día.

#### Temperatura del Bulbo Húmedo

Se presentan dos épocas de incomodidad a lo largo del año de acuerdo a la temperatura del bulbo húmedo, y se hallan representadas por los meses de julio y octubre. En julio este período presenta una amplitud más o menos constante, siendo el valor más alto 25°C a las 18 hrs. En octubre se registra dicho período a partir de las 0 hrs en que su valor no es muy alto (21°C), disminuyendo a 20°C a las 6 hrs, para aumentar nuevamente hasta sobrepasar el límite de 20°C a las 12 hrs con 22°C, manteniéndose prácticamente constante hasta las 18 hrs. (Fig. 54)

#### Índice de Incomodidad (Sohar et al., 1978)

En julio, de acuerdo a este índice, la carga de calor es en un 25% ligera y en un 75% moderada; en octubre, un 25% es nula, otro 25% ligera, y un 50% moderada. En enero es en el 100% nula, y en abril es de 50% nula, y el 50% restante es ligera.

#### Índice de Incomodidad (Tennenbaum, 1961)

Los resultados de este índice reportan para el mes de julio incomodidad de las 0 hrs a las 6 hrs, aumentando paulatinamente y alcanzando sus máximos valores a las 12 hrs (55°C) y 18 hrs (56°C). En octubre, el período de incomodidad se verifica desde la mañana hasta las 18 hrs, registrándose el valor máximo (54°C), a las 18 hrs. (Tabla VIg)

## Ventilación

### a) Intensidad

Las mayores frecuencias de calmas durante las horas de la mañana coinciden con las menores intensidades y a su vez las mayores intensidades coinciden con las menores frecuencias de calmas.

La intensidad media mayor se observa en abril (5 m/s) a las 16 hrs, hora en que por lo general se presentan las mayores intensidades; las menores intensidades se registran alrededor de las 12 hrs. Los porcentajes de calmas son bajos a diferencia de las demás estaciones estudiadas, oscilando entre 4% y 22%. (Fig. 56)

### b) Dirección

Las direcciones dominantes son NE (vientos de montaña), W, SW, y S (brisas); las mayores intensidades se presentan en direcciones S, SE, SW, W y E. (Tabla VIj)

### c) Variación Estacional

En los meses invernales se presentan por la mañana vientos del NE, que corresponden a vientos de montaña o vientos catabáticos, que son vientos frescos porque provienen de las montañas, y ayudan al confort. Después del mediodía los vientos dominantes son del SW y W, y constituyen brisas. (Figs. 57 y 58)

Los vientos de montaña del NE, se acentúan en verano en las primeras horas del día; por la tarde persisten las brisas, con direcciones S, SW y W, aunque muy débiles. (Figs. 59 y 60)

La situación en primavera es similar a la del invierno ya que predominan por la mañana vientos de montaña del NE, y durante el período vespertino, los vientos de importancia son las brisas del SW y del W. (Tabla VIj)

En otoño aumenta la frecuencia de los vientos de montaña del NE, provenientes de las estribaciones de la Sierra Madre Occidental, durante el período matutino, y continúan por la tarde brisas del SW y W, así como vientos del NW. (Tabla VIj)

## Resumen

La máxima insolación anual durante los meses de verano propicia el efecto aún más desfavorable de las altas temperaturas presentes por lo general a lo largo de todo el año, principalmente de marzo a noviembre. Se presentan también muy bajas temperaturas, básicamente durante el invierno. Los meses de julio y octubre, representativos respectivamente del verano y otoño, ofrecen ambientes bochornosos a partir de las 12 hrs, hasta las 18 hrs,

A lo largo del año se presentan por la mañana los vientos de montaña con dirección NE, que constituyen vientos frescos y ayudan por tanto a la sensación de bienestar. Por la tarde se presentan después del mediodía brisas con direcciones SW, W y NW, que contribuyen asimismo al bienestar.

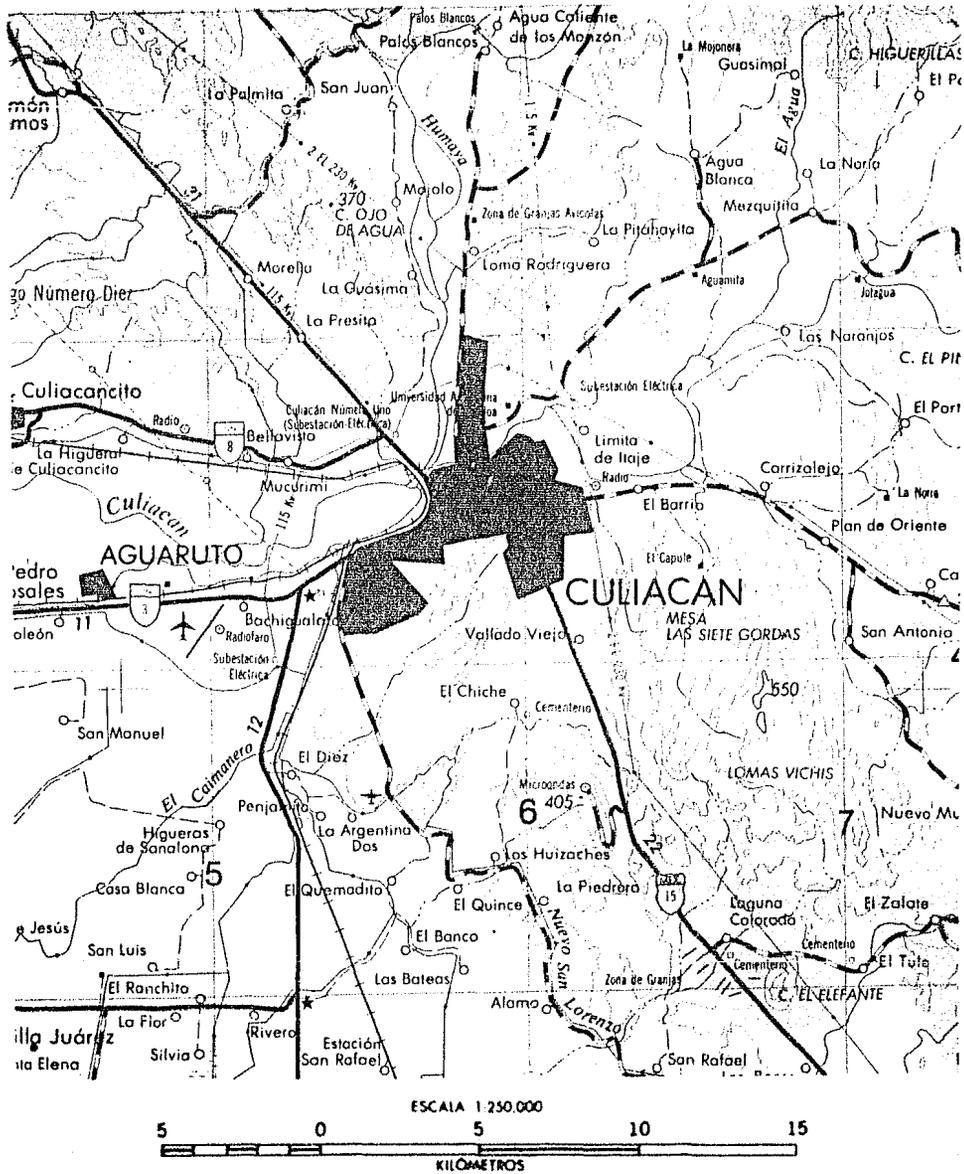
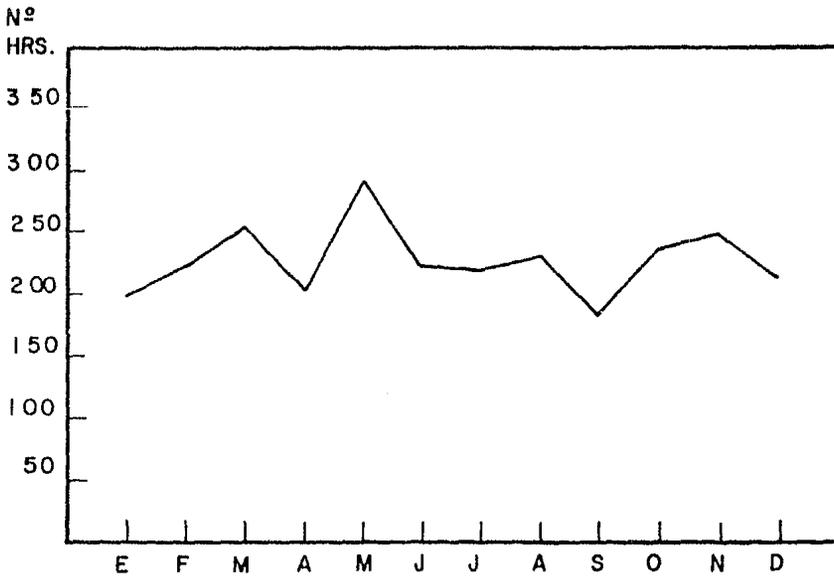


Fig. 49

VARIACION ANUAL DE LA INSOLACION EN  
CULIACAN, SIN. PERIODO 1975-1979.



INSOLACION TOTAL ANUAL : 2 7 6 5 H O R A S .

FIG. 50

FRECUENCIA DE DIAS DESPEJADOS Y CON LLUVIA EN  
CULIACAN, SIN. PERIODO 1975-1979.

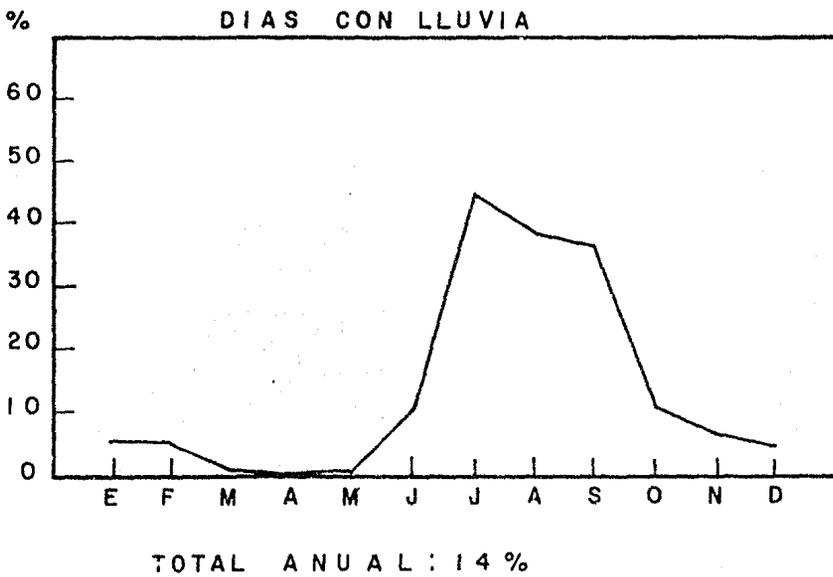
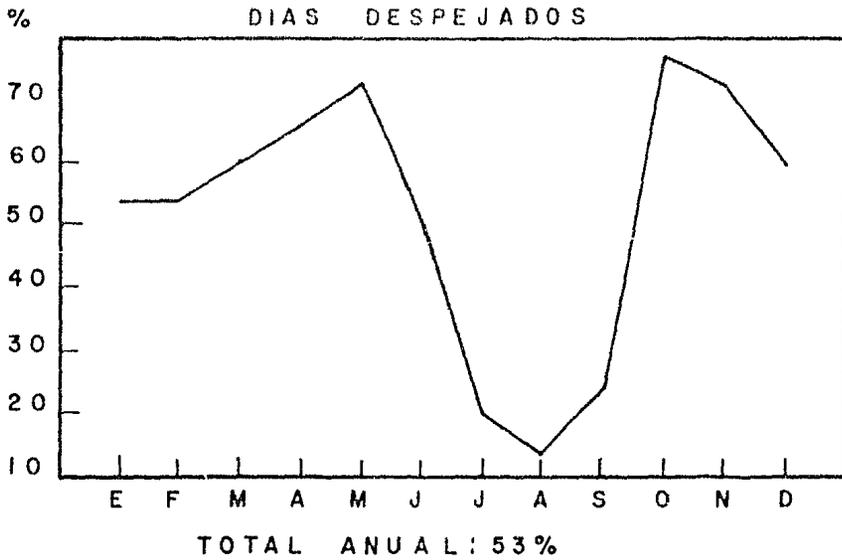
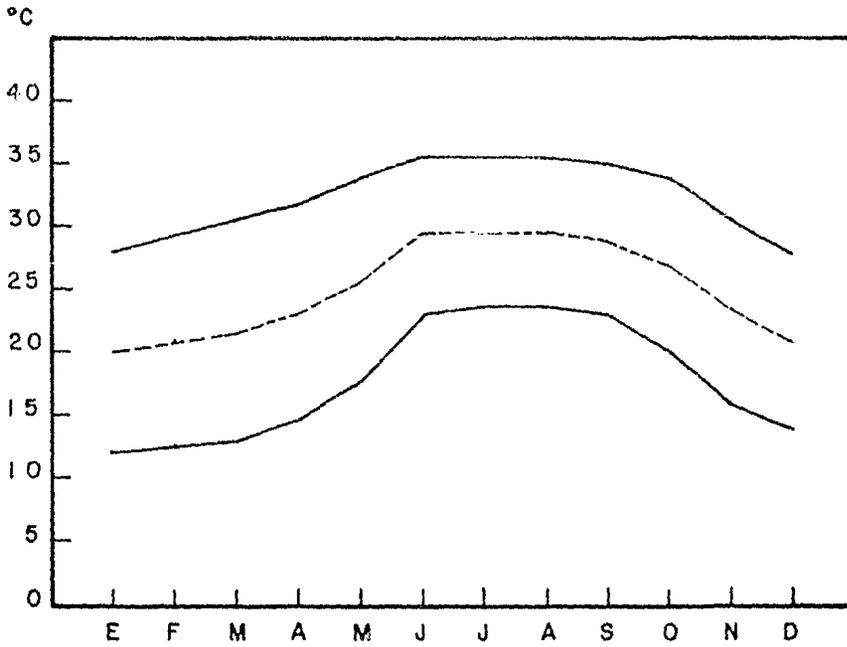


FIG. 51

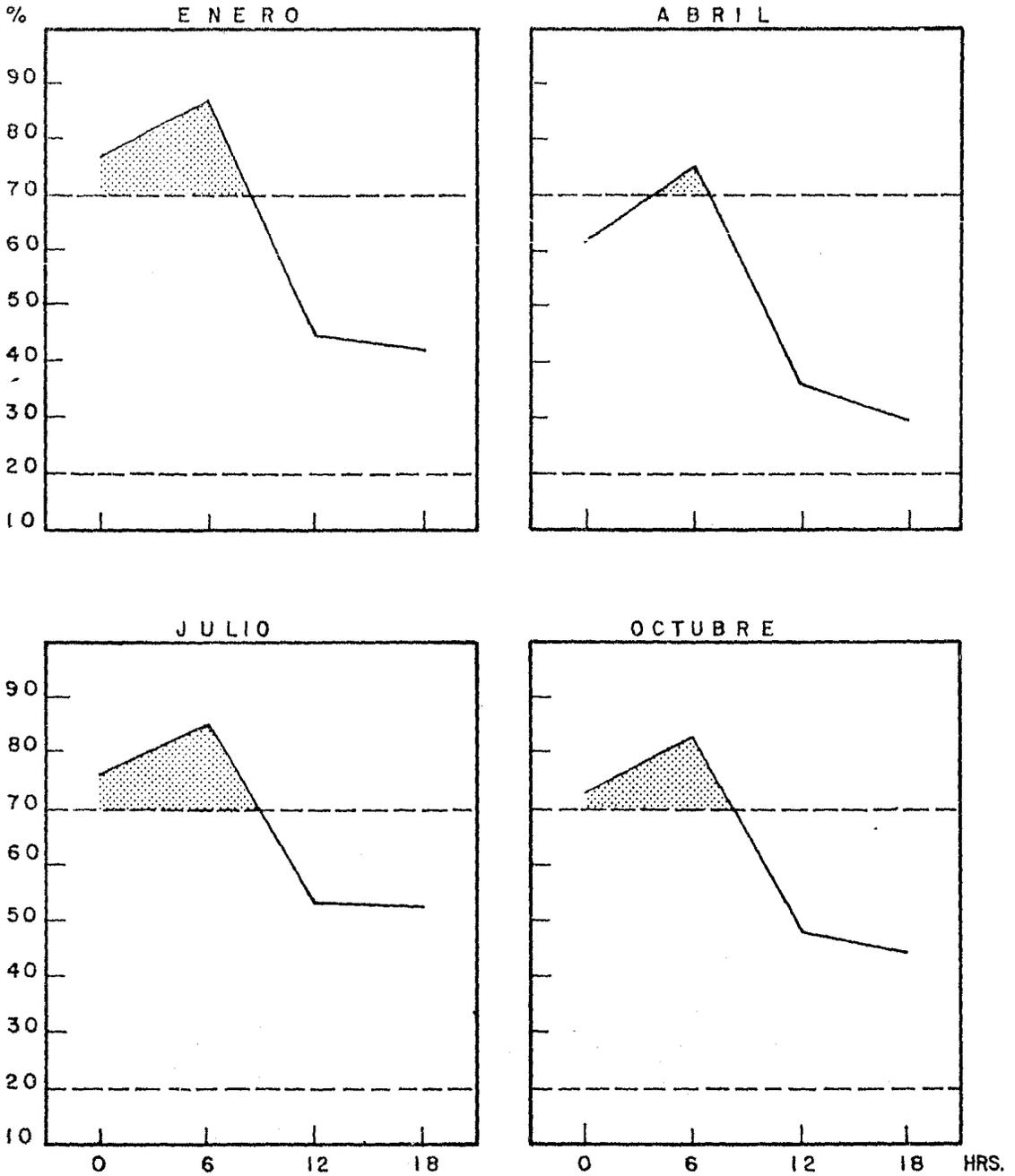
VARIACION ANUAL DE LA TEMPERATURA  
MAXIMA Y MINIMA EN CULIACAN,  
SIN. PERIODO 1975-1976.



TEMPERATURA MEDIA -----

FIG. 52

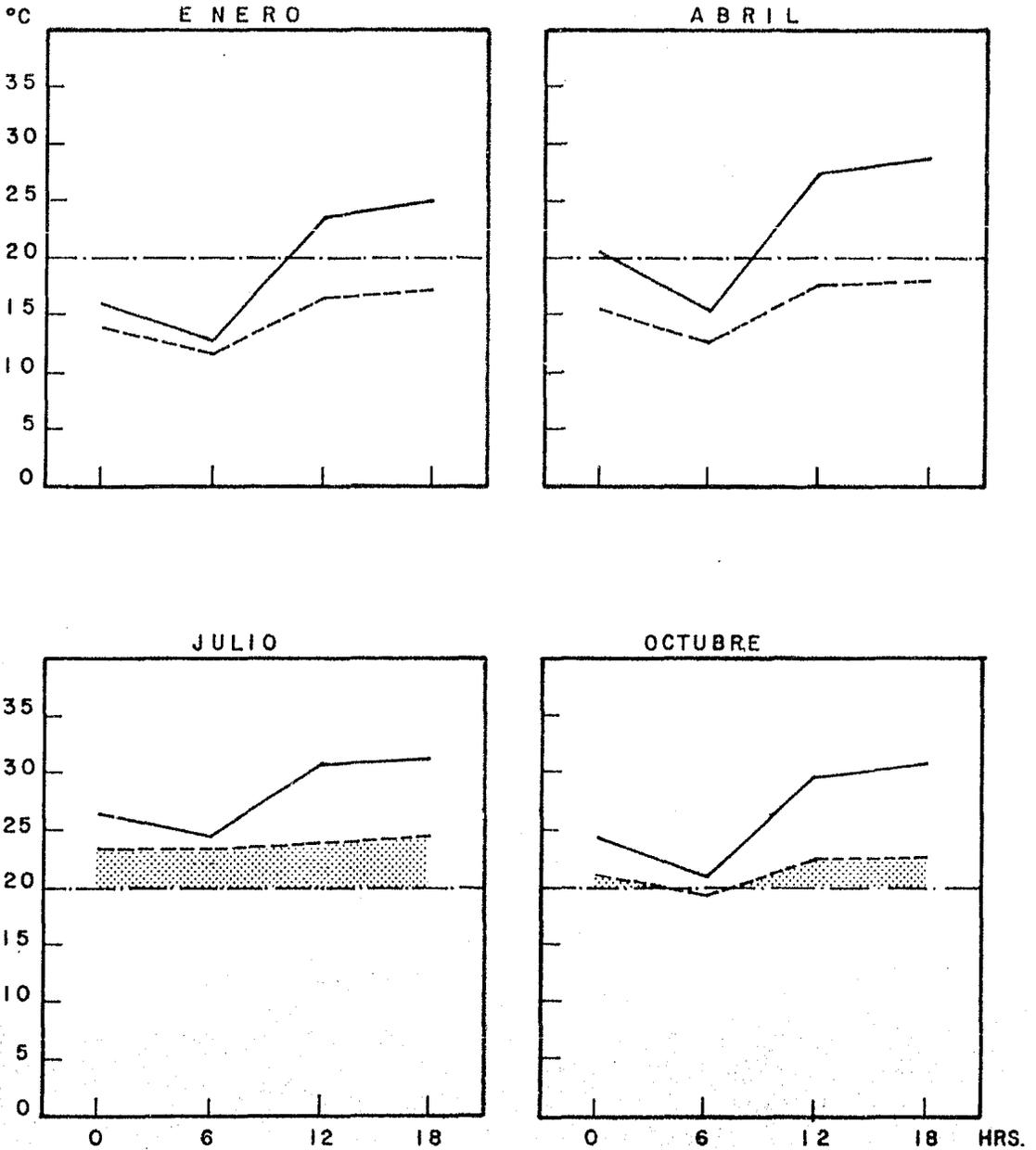
VARIACION DIURNA DE LA HUMEDAD RELATIVA EN CULIACAN, SIN.  
 DURANTE LOS MESES DE ENERO, ABRIL, JULIO Y OCTUBRE. PERIODO 1975-1976.



LIMITES DE COMODIDAD (20 y 70%) ———

FIG. 53

VARIACION DIURNA DE LA TEMPERATURA DEL BULBO SECO Y HUMEDO EN CULIACAN, SIN. DURANTE LOS MESES DE ENERO, ABRIL, JULIO Y OCTUBRE PERIODO 1975-1976.



BULBO SECO —————  
 BULBO HUMEDO - - - - -  
 LIMITE DE COMODIDAD (20°C) - · - · - ·

FIG. 54.

VARIACION DIURNA DEL INDICE DE INCOMODIDAD  $(TS+TH/2)$  EN CULIACAN, SIN. DURANTE LOS MESES DE ENERO, ABRIL, JULIO Y OCTUBRE. PERIODO 1975-1976.

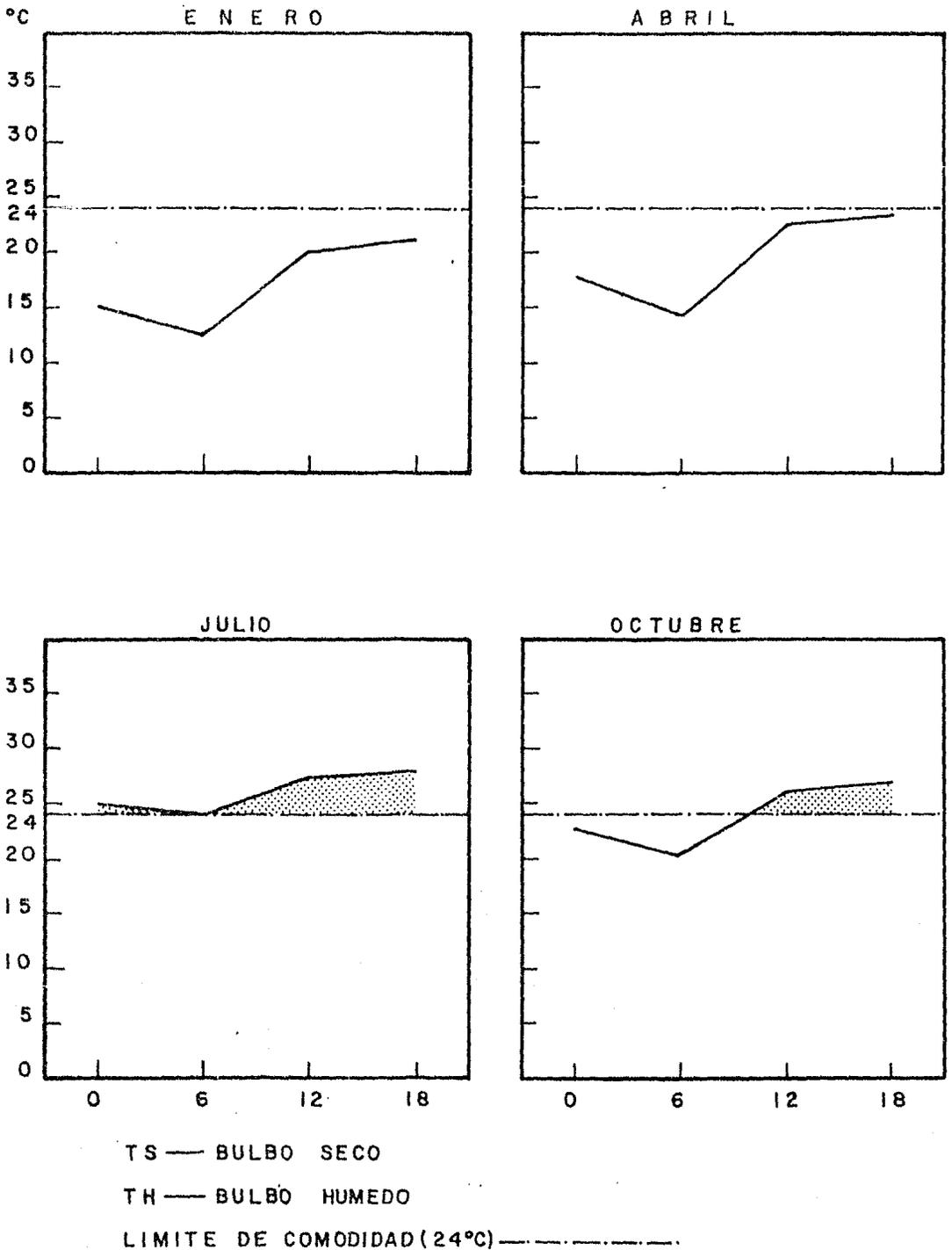


FIG. 55

VARIACION DIURNA DE LA INTENSIDAD MEDIA DEL VIENTO EN CULIACAN,  
SIN .DURANTE LOS MESES DE ENERO, ABRIL, JULIO Y OCTUBRE. PERIODO  
1975-1976;

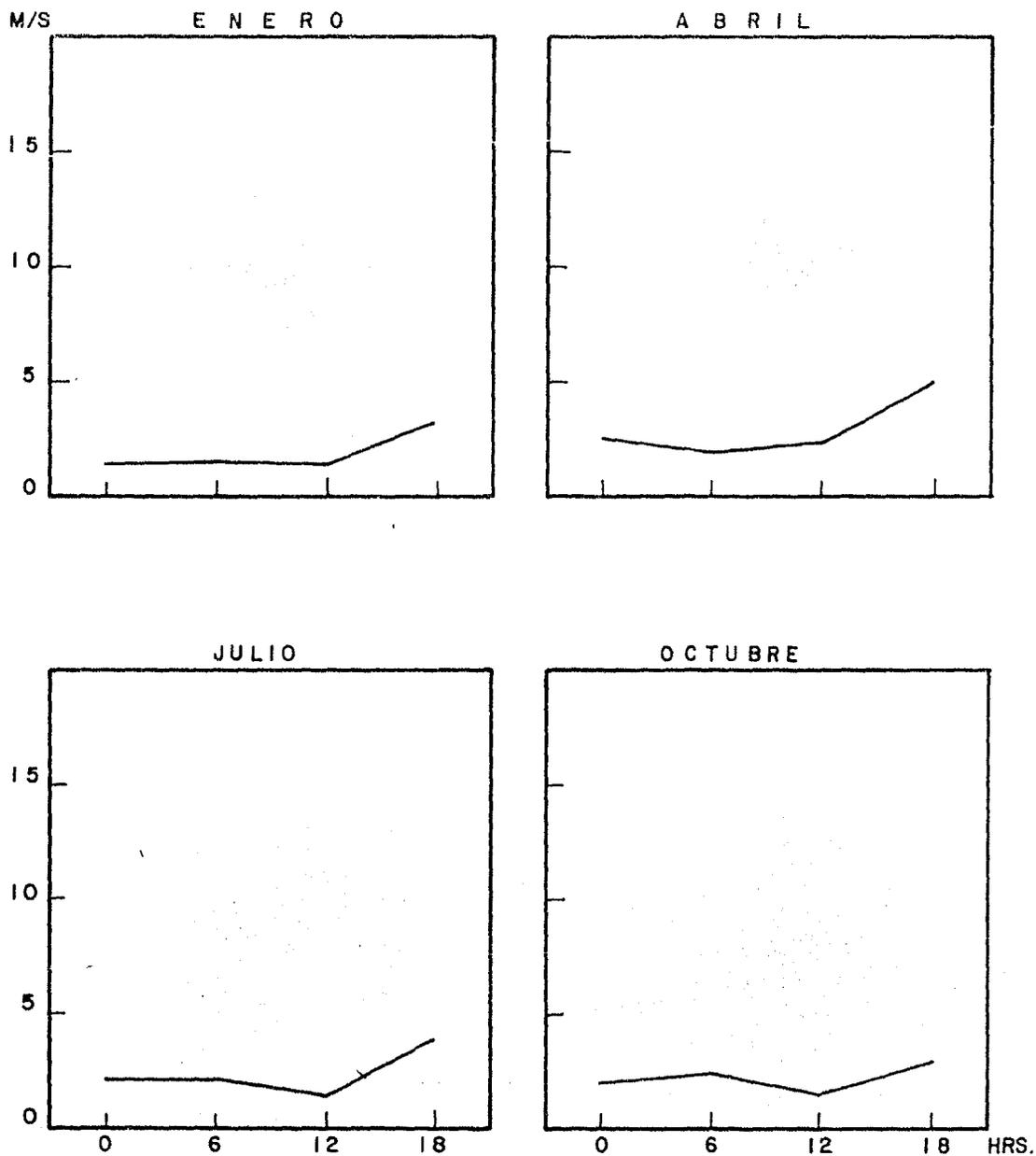


FIG. 56

Tabla VIa												
CULIACAN, SIN.				INSOLACION Hrs				PERIODO: 1975-1979				
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
196	222	255	204	292	274	219	229	184	234	243	212	2765

Tabla VIb												
CULIACAN, SIN.				DIAS DESPEJADOS				PERIODO: 1975-1979				
No. Días	16	16	18	20	22	15	6	4	7	23	22	18
%	55	55	60	67	73	51	20	15	25	77	73	61

Tabla VIc												
CULIACAN, SIN.				DIAS CON LLUVIA				PERIODO: 1975-1979				
No. Días	2	2	0	0	0	3	14	12	11	3	2	2
%	5	5	0	0	0	11	45	39	37	11	7	5

Tabla VI d												
CULIACAN, SIN.				TEMPERATURA °C				PERIODO: 1975-1976				
Máx.	28	29	31	32	34	36	36	35	35	34	31	28
Mín.	12	13	13	15	18	23	24	23	23	20	16	14
Med.	20	21	22	23	26	29	30	29	29	27	24	21
Osc.	16	16	18	17	16	13	12	12	12	14	15	14

Tabla VIe												
CULIACAN, SIN.				HUMEDAD RELATIVA %				PERIODO: 1975-1976				
Mes/hrs				00	06	12	18					
ENERO				78	88	46	43					
ABRIL				62	76	36	30					
JULIO				77	86	54	53					
OCTUBRE				73	83	48	45					

Tabla VI f

CULIACAN, SIN.		TEMPERATURA °C				PERIODO: 1975-1976			
Mes/hrs	BULBO SECO (TS)				BULBO HUMEDO (TH)				
	00	06	12	18	00	06	12	18	
ENERO	16	13	24	25	14	12	17	17	
ABRIL	20	16	28	29	16	13	18	18	
JULIO	26	24	31	31	24	24	24	25	
OCTUBRE	24	21	30	31	21	20	22	23	

Tabla VI g

CULIACAN, SIN.		TS+TH Y TS+TH/2 °C				PERIODO: 1975-1976			
Mes/hrs		00	06	12	18				
ENERO	TS+TH	30	25	40	43				
	TS+TH/2	15	13	20	21				
ABRIL	TS+TH	36	29	45	47				
	TS+TH/2	18	14	23	23				
JULIO	TS+TH	50	48	55	56				
	TS+TH/2	25	24	27	28				
OCTUBRE	TS+TH	46	41	52	54				
	TS+TH/2	23	20	26	27				

Tabla VI h

CULIACAN, SIN.		CARGA DE CALOR (TS+TH/2)				PERIODO: 1975-1976			
Clase/Mes		ENE	ABR	JUL	OCT				
		No. de Eventos/Frecuencia %							
1		4-100	2- 50	-	1- 25				
2		-	2- 50	1- 25	1- 25				
3		-	-	3- 75	2- 50				
4		-	-	-	-				

Tabla VIi

CULIACAN, SIN. INTENSIDAD MEDIA DEL VIENTO (m/s) PERIODO: 1975-1976  
Y FRECUENCIA DE CALMAS (%)

Horas	ENERO				ABRIL			
	00	06	12	18	00	06	12	18
Int.	1	2	1	3	3	2	3	5
Calmas	15	16	19	0	12	18	8	0

Int.	JULIO				OCTUBRE			
	3	3	2	5	2	3	2	3
Calmas	18	11	48	3	16	5	40	0

Tabla VIj

CULIACAN, SIN. DIRECCION DEL VIENTO (%) PERIODO: 1975-1976  
Y CALMAS (%)

Horas	ENERO									
	Frecuencia (%) / Intensidad (m/s)									
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C	
03-09	8-1	69-2	3-2	0-0	1-4	1-2	2-3	1-3	16	
12-18	4-2	9-2	1-4	1-5	1-5	31-3	36-3	10-2	8	

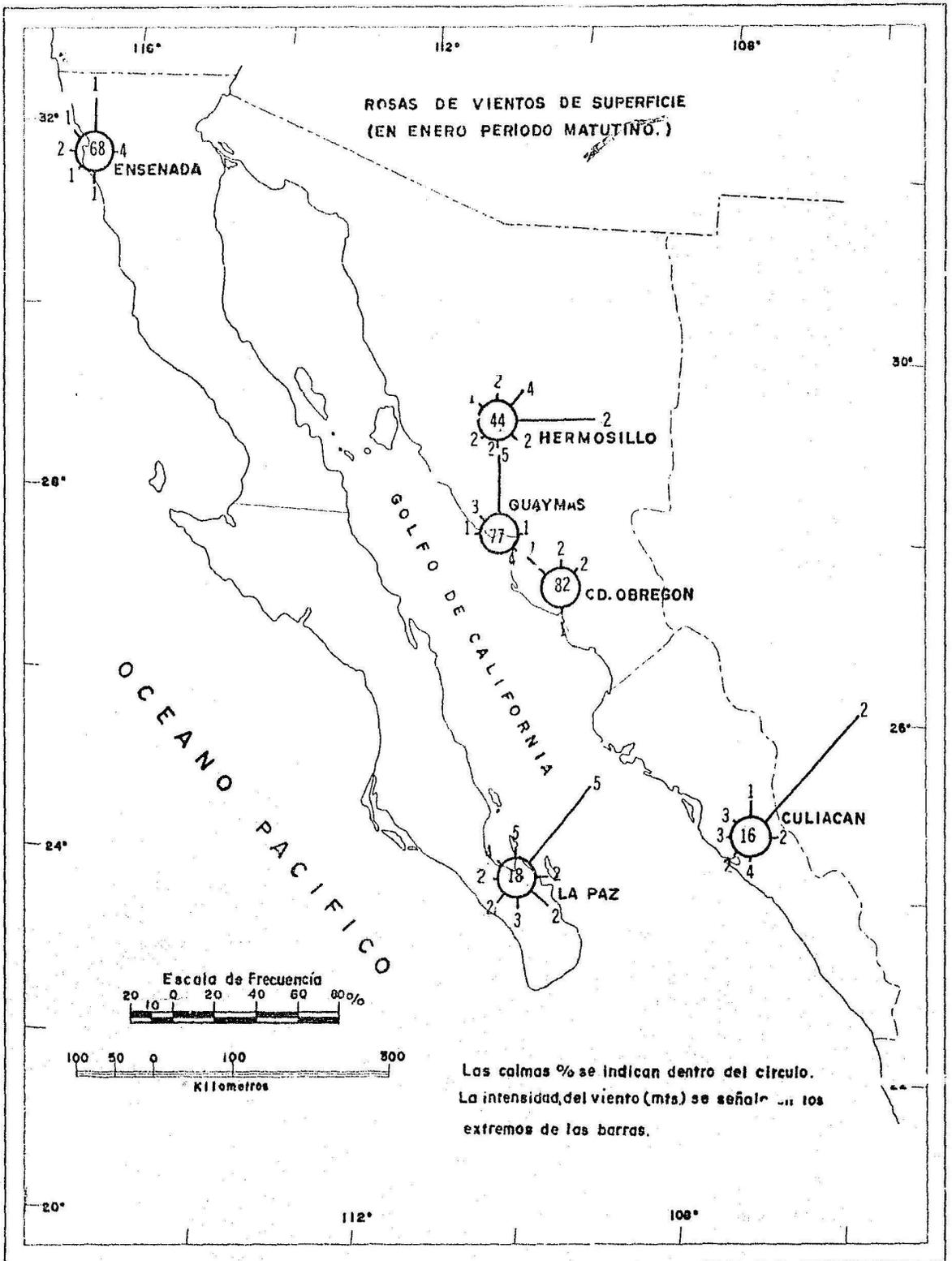
ABRIL										
Horas										
03-09	4-2	62-2	4-2	0-0	0-0	5-3	2-3	6-3	17	
12-18	0-0	0-0	1-5	0-0	2-4	52-5	39-4	2-2	4	

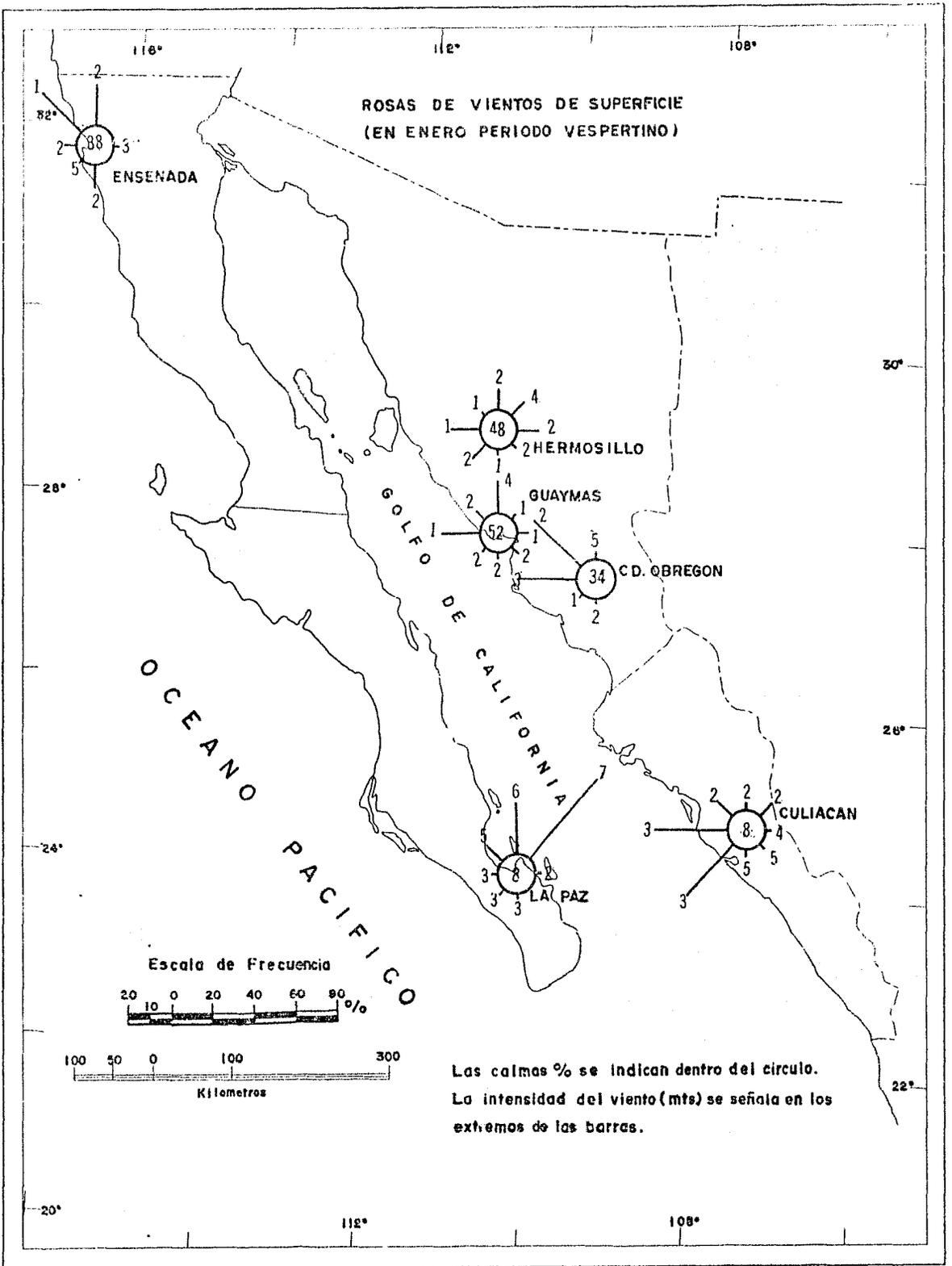
JULIO										
Horas										
03-09	2-2	72-2	1-2	3-2	4-4	5-3	0-0	2-2	13	
12-18	2-2	9-3	3-2	1-2	17-4	23-4	15-3	9-3	22	

OCTUBRE										
Horas										
03-09	1-2	89-2	2-3	0-0	1-3	0-0	3-5	3-2	6	
12-18	6-2	9-2	1-2	0-0	0-0	30-3	24-3	12-3	18	



**Fig 57**



**Fig 58**

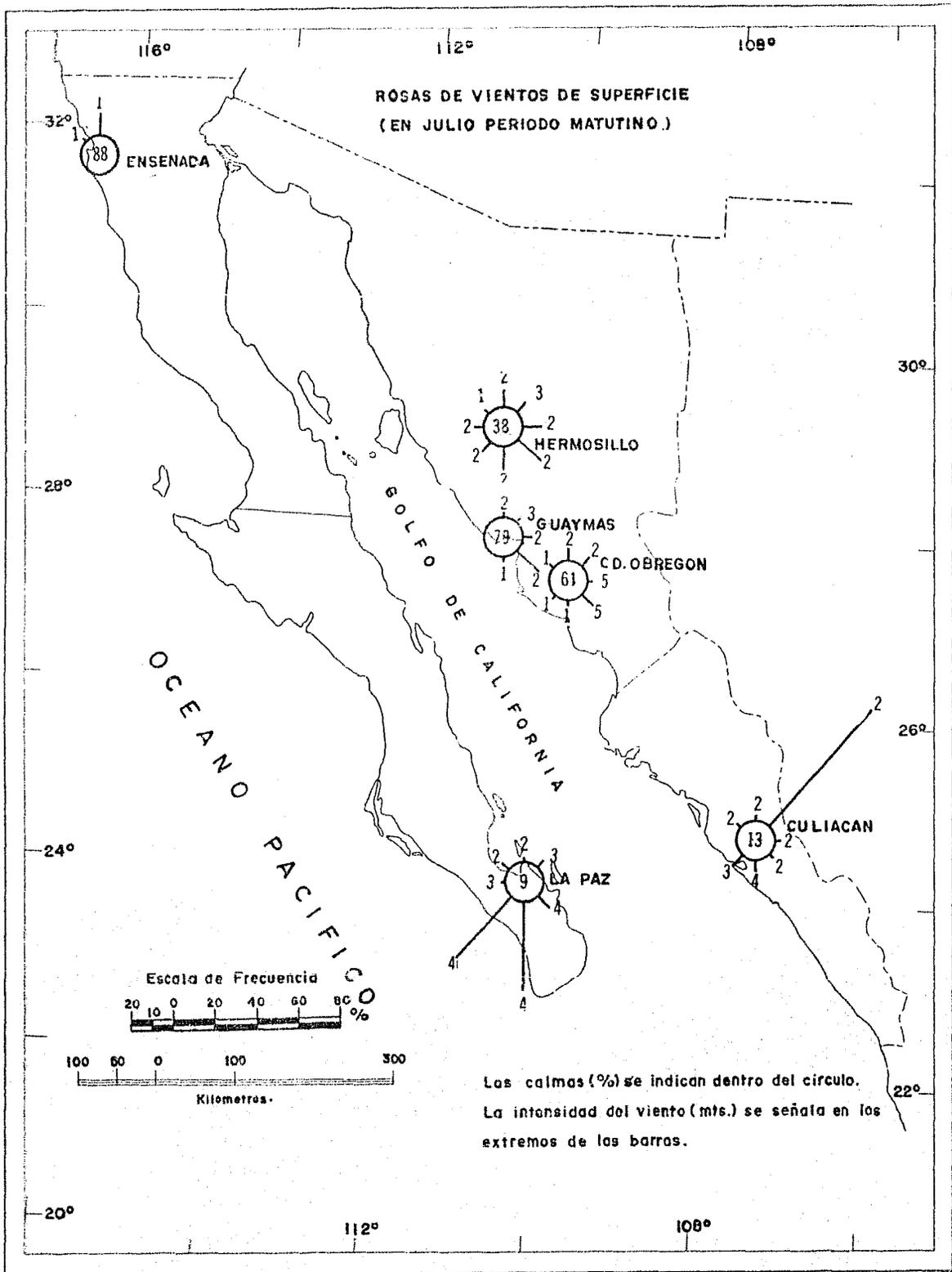
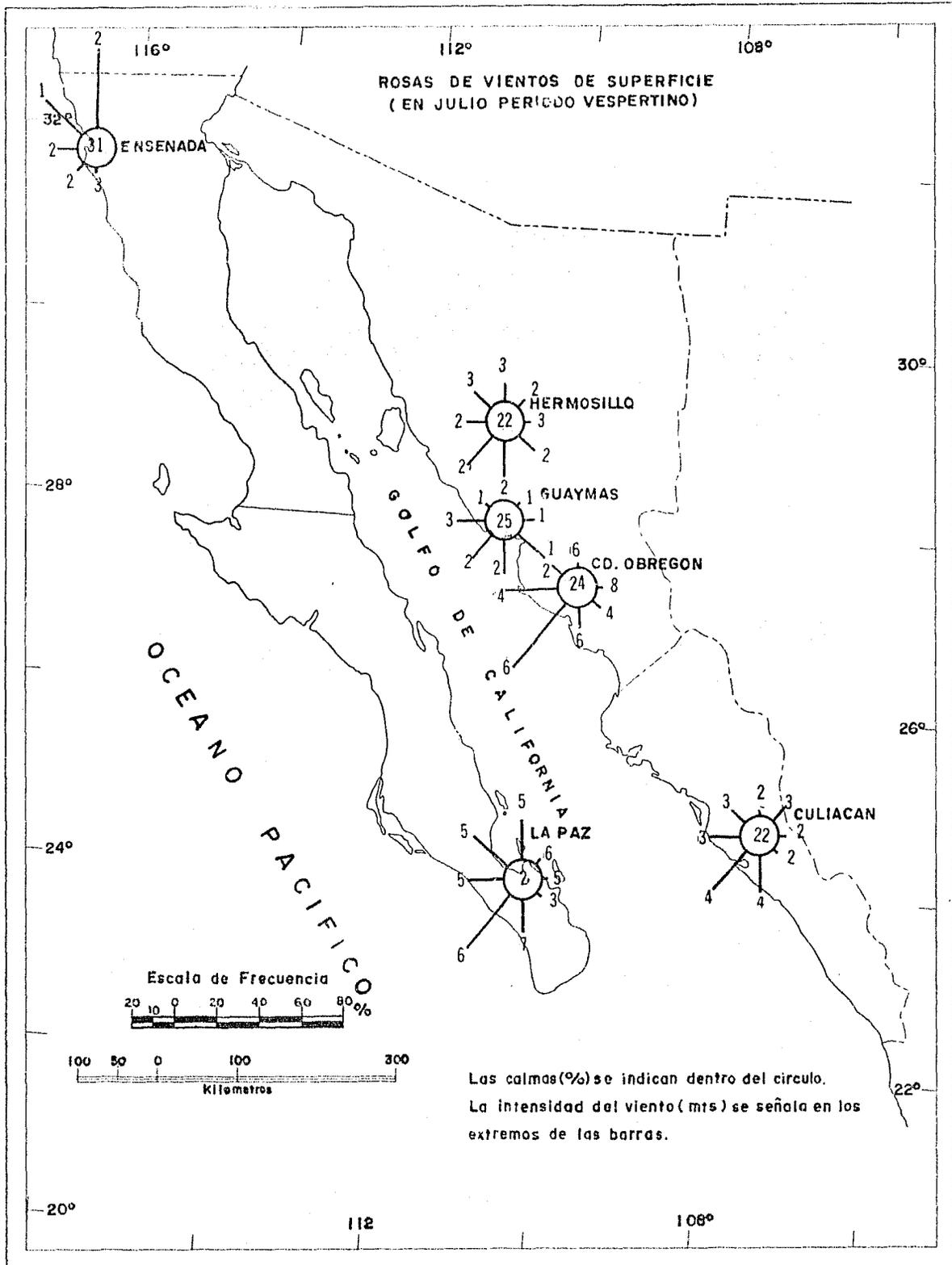


Fig 59



**Fig 60**

## VI CONCLUSIONES

La zona de estudio presenta características físicas predominantemente homogéneas, no obstante que existen ciertos contrastes y diferencias de poca importancia.

El rasgo fundamental que caracteriza al Noroeste de México desde el punto de vista físico es el predominio de climas secos, unos menos severos que otros como el de Ensenada, y el de Culiacán, que son de tipo estepario y no desértico como es el caso de La Paz, Hermosillo, Guaymas y Cd. Obregón.

Desde el punto de vista de su localización, tres de las estaciones estudiadas: Ensenada, La Paz y Guaymas, se encuentran en regiones costeras; las tres restantes: Hermosillo, Cd. Obregón y Culiacán se ubican hacia el interior, lo que determina que en el primer caso, los climas presenten porcentajes de humedad un poco más elevados que las estaciones interiores.

En cuanto al relieve, las zonas montañosas se localizan básicamente hacia el este de las estaciones estudiadas, resultando que en Sonora y Sinaloa, las estribaciones de la Sierra Madre Occidental, conforman el relieve de importancia; en Ensenada, la Sierra de Juárez, también hacia el este, y en La Paz, la Sierra de San Lázaro, hacia el este-sureste.

La hidrología de la zona ha sido exitosamente aprovechada gracias a las numerosas obras de riego que caracterizan al Noroeste del país.

El bioclima de la zona de estudio en su conjunto está caracterizado por una fuerte insolación a lo largo del año. Los meses de mayor insolación son mayo y junio, siendo más elevada en junio, registrándose la más alta en Hermosillo, con 352 horas durante junio.

Los meses de menor insolación son por lo general enero y diciembre.

Las insolaciones anuales más altas se presentan en Hermosillo (3281 horas) y en Cd. Obregón (3068 horas), registrándose la menor (2765 horas) en Culiacán.

El mayor porcentaje anual de días despejados se observa en Cd. Obregón (36%). Los meses en que se concentran los días despejados son noviembre, octubre, marzo y abril.

Las frecuencias más elevadas de días con lluvia corresponden a Culiacán (14%), y a Hermosillo (12%); las más bajas, a La Paz (5%), junto con Ensenada (6%).

El mayor porcentaje de días nublados corresponde a Guaymas (23%).

En relación con la elevada insolación anual, se presentan a lo largo de todo el año altas temperaturas, principalmente en la época de verano en que se reduce el confort por la tensión térmica debida al calor.

En todas las estaciones estudiadas se observa una fuerte oscilación térmica que hace el clima extremoso en cada lugar, registrándose también temperaturas muy bajas, sobre todo durante los meses invernales, siendo en la mayoría de los casos, inferiores a 17°C. Por tanto, la incomodidad se presenta no sólo por calor, sino en ocasiones también por frío.

Como corresponde a la variación diurna de la humedad, inversa a la de la temperatura, se observa un mayor porcentaje de humedad relativa en las primeras horas del día. Puesto que esta mayor humedad no se presenta en las horas críticas del mediodía, afectadas por altas temperaturas, y dado que los climas son secos, la sensación de bochorno no se ve incrementada por la humedad, y por el contrario, el bajo contenido de ella actúa como factor atenuante, permitiendo la libre evaporación del sudor de la piel.

Como consecuencia de la situación geográfica en la costa, o relativamente cercana al mar, las áreas representadas por las estaciones estudiadas, reciben el beneficio de esta cercanía a través de las brisas que se presentan principalmente por la tarde, después del mediodía, viéndose reforzadas en los casos en que su dirección es del NW, por el anticiclón del Pacífico nor-oriental que induce vientos del N, NW y W.

Las brisas son características de Ensenada, La Paz, y Guaymas, mientras que en las regiones interiores se presentan más bien terrales y vientos de montaña. Estos últimos, aunque menos frescos que las brisas, reducen asimismo la incomodidad por calor en las zonas interiores.

Las direcciones predominantes de los vientos varían de una zona a otra, de acuerdo a la circulación local relacionada con los sistemas regionales,

observándose sin embargo que el viento prevaleciente es el del NW, que acarrea las lluvias de verano, y en invierno, las ondas frías.

Los resultados obtenidos de la aplicación de los diferentes índices indican que son dos las temporadas críticas durante el año desde el punto de vista del bienestar y confort humano, correspondiendo la más severa al verano, y la menos crítica al otoño, sobre todo en las horas de la tarde a partir del mediodía en que tienen lugar las más altas temperaturas.

Las épocas del año más favorables resultan ser el invierno y la primavera en que el efecto solo o combinado de los distintos factores bioclimáticos no sobrepasa los límites de comodidad propuestos. Esto debe tomarse con cierta reserva, ya que aunque en estas épocas del año se reduce la tensión térmica por calor, puede no obstante presentarse tensión térmica por frío, debido a las bajas temperaturas, principalmente durante la noche.

En lo que respecta al diseño arquitectónico, debe tomarse en cuenta el conjunto de características climáticas de cada lugar para aprovechar así los efectos favorables y contrarrestar aquéllos desfavorables. Al respecto es importante en principio, el aprovechamiento de la ventilación natural, orientando las construcciones de manera que capten las brisas prevalecientes.

Para el diseño del bosquejo arquitectónico conviene tener en cuenta aquellos métodos que permitan hacer un análisis conjunto de las características climáticas de la zona, para en base a ello realizar planes de construcción adecuados. Un ejemplo de estos métodos, es el de las Tablas de Mahoney, del que se han presentado en el presente estudio dos ejemplos, uno para una ciudad ubicada en la costa: La Paz, B.C.S., y otro para una ciudad del interior: Hermosillo, Son.

De acuerdo a ello, las principales consideraciones en cuanto a construcción para un lugar con características climáticas similares a las de La Paz, serían:

- Los edificios deben ser orientados en tal forma que reciban el beneficio de las brisas.

- Debe tomarse en cuenta el que las elevaciones prominentes den hacia el norte y sur, para reducir la exposición al sol.

- Debe existir amplio espaciamento para la penetración de la brisa, pero debe asimismo haber protección contra vientos polyosos fríos o cálidos.

- Los muros exteriores e interiores deben ser gruesos con alta capacidad calorífica, en casos como éste en que el almacenamiento térmico se requiera para tres a doce meses. Asimismo deberán usarse techos gruesos.

En el caso de un lugar como Hemosillo, Son., se deberán tener en cuenta de acuerdo a las Tablas de Mahoney, las siguientes consideraciones:

- Las construcciones deben ser planeadas alrededor de patios pequeños, como en este caso, en que el almacenamiento térmico se requiera para once a doce meses y la estación fría comprenda menos de cinco meses.

- Se requiere un diseño compacto, en caso de que el movimiento del aire se necesite para no más de dos meses.

- Los muros exteriores e interiores deberán ser gruesos, con alta capacidad calorífica, de igual forma que los techos.

- Deberá contarse con espacios para dormir al aire libre, como patios o balcones, expuestos a la parte más fría del cielo de la noche (cenit), para permitir la pérdida de calor por energía radiante.

Es así como en términos generales puede definirse el bioclima característico de algunas zonas secas del Noroeste de México.

## BIBLIOGRAFIA

- BASSOLS, BATALIA ANGEL, El Noroeste de México, Un Estudio Geográfico Económico. Instituto de Investigaciones Económicas, México, 1972
- BEDFORD, T., Research on Heating and Ventilation in Relation to Human Comfort, Transactions, ASHRAE, Vol. 65, 1959. (Citado por Soto y Jáuregui, 1968)
- BRIDGER, C.A., HELFAND, L.A., "Mortality from Heat During July 1966 in Illinois", International Journal of Biometeorology, Vol. 12, No. 1, 1968, pp 51-70
- BUCHBERG, H. NARUISHI, J., "On the Importance of Radiation Exchange in the Amelioration of Thermal Stress in Enclosures", International Journal of Biometeorology, 1967, Vol. 11, No. 1, pp 59-78
- CAMPBELL, IAN M., Energy and the Atmosphere. A Physical-Chemical Approach. John Wiley and Sons Ltd, Londres, 1977
- CONRAD, V., POLLAK, L.W., Methods in Climatology, Second Edition, Harvard University Press, Cambridge, 1950
- DREYFUS, JACQUES, Le Confort dan l'Habitat en Pays Tropical, Eyrolles, París, 1960
- FANGER, P.O., JONASSEN, M., "Physical Parameters of Living and Working Quarters of Man". Progress in Human Biometeorology. The Effect of Weather and Climate on Man and his Living Environment, VI PI A, S.W. Tromp, Swets and Zeitlinger B.V., Amsterdam, 1974
- GARCIA, ENRIQUETA, Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, UNAM, México, 1973
- GARCIA, ENRIQUETA, FALCON, ZAIDA, Nuevo Atlas Porrúa de la República Mexicana. 4a. Edición, Editorial Porrúa, S.A., México, 1979
- GENDRIN, ROGER, "El Sol y el Medio Ambiente Terrestre", Mundo Científico, Vol. 1, No. 8, pp 852-863
- GIVONI, B., "Architectural and Urban Planning in Relation to Weather and Climate". Progress in Human Biometeorology. The Effect of Weather and Climate on Man and his Living Environment, VI PI A, S.W. Tromp, Swets and Zeitlinger B.V., Amsterdam, 1974-1-, pp 183-193

- GIVONI, B., "Biometeorological Indices", Progress in Human Biometeorology. The Effect of Weather and Climate on Man and his Living Environment, VI PI A, S. W. Tromp, Swets and Zeitlinger B.V., Amsterdam, 1974-2-
- GIVONI, B., "Prediction of Human Subjective Response to Thermal Stress", Progress in Human Biometeorology. The Effect of Weather and Climate on Man and his Living Environment, VI PI A, S.W. Tromp, Swets and Zeitlinger B.V., Amsterdam, 1974-3-, pp 146-152
- GIVONI, B., SOHAR, E., "Rectal Temperature in the Prediction of Permissible Work Rates in Hot Environments", International Journal of Biometeorology, Vol. 12, No. 1, 1968, pp 41-50
- GONZALEZ, R.R., NISHI, Y., GAGGE, A.P., "Experimental Evaluation of Standard Effective Temperature, a New Biometeorological Index of Man's Thermal Discomfort", International Journal of Biometeorology, Vol. 18, No. 1, 1974, pp 1-15
- GOODALL, D.W., PERRY, R.A., Arid Land Ecosystems, Vol. 1, International Biological Programme, Cambridge University Press, 1979
- GREGORCZUK, M., "Bioclimates of the World Related to Air Enthalpy", International Journal of Biometeorology, Vol. 12 No. 1, 1968, pp 35-39
- GRIFFITHS, JOHN F., Applied Climatology. An Introduction. Second Edition. Oxford University Press, 1976
- HERNAN, SAN MARTIN F., "Salud y Enfermedad", Ecología Humana, Medicina Preventiva y Social, Prensa Médica Mexicana, México, 1979
- HUNTINGTON, ELLSWORTH, Civilización y Clima, Madrid, 1942
- INTERNATIONAL JOURNAL OF BIOMETEOROLOGY, "Indoor Climate in Arid and Humid Zones", Vol. 8, No. 2, 1964
- JAUREGUI OSTOS, ERNESTO, "Climatología de Difusión de la Ciudad de Tijuana, B.C.", Boletín del Instituto de Geografía, No. 11, UNAM, México, 1981
- JAUREGUI OSTOS, ERNESTO, CRUZ NAVARRO, FRANCISCO, "Algunos Aspectos del Clima en Sonora y Baja California. Equipatas y Surgencias de Humedad", Boletín del Instituto de Geografía, No. 10, UNAM, México, 1980

- JAUREGUI OSTOS, ERNESTO, SOTO MORA, CONSUELO, "Wet Bulb Temperature and Discomfort Index Areal Distribution in Mexico", *International Journal of Biometeorology*, Vol. 11, No. 1, 1967, pp 21-28
- JAUREGUI OSTOS, ERNESTO, "Una Primera Estimación de la Distribución de la Radiación Global y Neta en México", *Recursos Hidráulicos*, Vol. VII, No. 2, 1978
- KOENIGSBERGER, INGERSOLL, MAYHEW, SZOKOLAY, *Manual of Tropical Housing and Building, Part 1 Climatic Design*
- KÖPPEN, W., "Das Geographische System des Klimate in Handbuck der Klimatologie", Band I, Teil C., Berlín, 1936, pp 1-44. (Citado por García, E., 1973)
- LANDSBERG, H.E., *Progress in Human Biometeorology. The Effect of Weather and Climate on Man and his Living Environment*, VI PI A, S.W. Tromp, Swets and Zeitlinger B.V., Amsterdam, 1974
- LANDSBERG, H.E., "The Assessment of Human Bioclimate", *World Meteorological Organization Review*, Vol. 123, 1972, pp 21-36
- LEE, D.H.K., HENSCHER, A., "Effects of Physiological and Clinical Factors on Response to Heat", *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 134, 1966, pp 734-749. (Citado por Landsberg, 1972)
- LORENTE, J.M., *Meteorología*, Editorial Labor, S.A., España, 1961
- MARINOV, W., *Die Rolle der Klimatischen Verhältnisse auf der Erde bei der Gestaltung des Menschlichen Organismus als eines Biologischen Systems mit einer Körpertemperatur von 37°C*, 1966
- MCK KERSLAKE, D., "The Stress of Hot Environments", *Monographs of the Physiological Society*, Cambridge University Press, 1972
- MEXICO. CONAPO, *México Demográfico, Breviario 1979*, México, 1979
- MEXICO. SPP, *Coordinación General del Sistema Nacional de Información*, "La Población de México, su Ocupación y sus Niveles de Bienestar", México, 1979
- MISSENERD, ANDRE, *La Chaleur Animale, Que sais je (205)*, Presses Universitaires de France, París, 1955, pp 50-125

- NEWMAN, J.E., "Bioclimate", A.A., Lindsay (ed), Natural Features of Indiana, Indian. Ac. Sci., pp 171-180. (Citado por Landsberg, 1972)
- OIGYAY, V., Design with Climate, Princeton University Press, 1963, 190 pp. (Citado por Landsberg, 1972)
- OLIVER, JOHN E., Climate and Man's Environment. An Introduction to Applied Climatology, Wiley, 1973, Apéndice 2, pp 429-436
- PAGE, J.K., "The Effect of Town-Planning and Architectural Design and Construction on the Microclimatic Environment of Man. (An Introduction to Urban Biometeorology)", Medical Biometeorology, Weather, Climate and the Living Organism, Elsevier Publishing Company, Nueva York, 1963, pp 655-670
- PAGNEY, PIERRE, La Climatologie, Que sais je (171), Presses Universitaires de France, Paris, 1973, pp 119-124
- PEDRERO, JORGE J., "Apuntes sobre Condiciones de Aridez en México", Ingeniería Hidráulica, México, 1963
- PITTOCK, A.B., FRANKS, L.A., Climatic Change and Variability. A Southern Perspective, Cambridge University Press, 1978
- PROKOP'EV, N.P., "Calculations of Thermal Insulation of the Body in Children", Hygiene and Sanitation, 1966. (Citado por Landsberg, 1972)
- RATCLIFFE, J.A., An Introduction to the Ionosphere and Magnetosphere, Cambridge University Press, 1972
- SOTO MORA, CONSUELO, JAUREGUI OSTOS, ERNESTO, Cartografía de Elementos Bioclimáticos en la República Mexicana, UNAM, Instituto de Geografía, México, 1968
- STRAHLER, ARTHUR N., STRAHLER ALAN H., Modern Physical Geography, John Wiley and Sons, Nueva York, 1978
- TERJUNG, W.H., "Energy Balance between Atmosphere and Living Organisms", Progress in Human Biometeorology. The Effect of Weather and Climate on Man and his Living Environment, VI PI A, S.W. Tromp, Swets and Zeitlinger B.V., Amsterdam, 1974-1-, pp 55-57

TERJUNG, W.H., "Urban Climatology (With Reference to the Interrelationship between External Weather and the Microclimate in Houses and Buildings)", Progress in Human Biometeorology. The Effect of Weather and Climate on Man and his Living Environment, VI PI A, S.W. Tromp, Swets and Zeitlinger B.V., Amsterdam, 1974-2-, pp 168-180

TERJUNG, W.H., "World Patterns of the Distribution of the Monthly Comfort Index", International Journal of Biometeorology, Vol. 12, No. 2, 1968, pp 119 - 151

TROMP, S.W., "Definition and Classification of Biometeorology", Progress in Human Biometeorology. The Effect of Weather and Climate on Man and his Living Environment, VI PI A, Swets and Zeitlinger B.V., Amsterdam, 1974

TROMP, S.W., Medical Biometeorology, Weather, Climate and the Living Organism, Nueva York, 1963

TROMP, S.W., WEIHE, W.H., Proceedings of the Third International Biometeoro-  
logical Congress. Symposium Publications Division, Pergamon Press, Oxford, 1963



FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS  
COLEGIO DE GEOGRAFIA