



# PROGRAMA INTERINSTITUCIONAL DE DOCTORADO EN ARQUITECTURA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES  
UNIVERSIDAD DE COLIMA  
UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO  
UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

## EVALUACIÓN DE LAS DIFERENCIAS, CARACTERÍSTICAS Y ALTERACIONES POR FACTORES URBANOS DE LAS CONDICIONES TÉRMICAS DE UNA CIUDAD DE CLIMA CÁLIDO Y HÚMEDO

LA CIUDAD DE MÉRIDA COMO CASO DE ESTUDIO

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN ARQUITECTURA  
PRESENTA

**RAÚL ERNESTO CANTO CETINA**

TUTOR  
**DR. ARMANDO ALCÁNTARA LOMELÍ**

AGOSTO DE 2008



# **PROGRAMA INTERINSTITUCIONAL DE DOCTORADO EN ARQUITECTURA**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES  
UNIVERSIDAD DE COLIMA  
UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO  
UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO



## **EVALUACIÓN DE LAS DIFERENCIAS, CARACTERÍSTICAS Y ALTERACIONES POR FACTORES URBANOS DE LAS CONDICIONES TÉRMICAS DE UNA CIUDAD DE CLIMA CÁLIDO Y HÚMEDO**

**LA CIUDAD DE MÉRIDA COMO CASO DE ESTUDIO**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN ARQUITECTURA

PRESENTA

**RAÚL ERNESTO CANTO CETINA**

TUTOR

Dr. Armando Alcántara Lomelí

MESA SINODAL

Dr. Miguel Fernando Elizondo Mata (Cotutor)

Dr. Adolfo Gómez Amador

Dr. Luis Gabriel Gómez Azpeitia

Dr. Luis Torres Garibay

Dra. Elia Mercedes Alonso Guzmán

Dr. Héctor Javier González Licón

AGOSTO DE 2008



## PROGRAMA INTERINSTITUCIONAL DE DOCTORADO EN ARQUITECTURA

Coquimatlán, Colima,  
17 de diciembre de 2007

**Programa Interinstitucional de  
Doctorado en Arquitectura**  
Consejo Académico  
P r e s e n t e

Por este medio, hago de su conocimiento, que el tesis denominada: **Evaluación de las diferencias, características y alteraciones por factores urbanos de las condiciones térmicas de una ciudad de clima cálido húmedo**, realizada por el **M. en Arq. Raúl Ernesto Canto Cetina**, bajo mi tutoría, ha sido concluida, en virtud de que se efectuaron las correcciones que le fueron señaladas al doctorante en la última revisión.

Por lo anterior, no se tiene inconveniente alguno para que el tesista realice las gestiones pertinentes para poder defender su tesis en examen de grado.

A t e n t a m e n t e

Dr. Armando Alcántara Lomelí  
Tutor.

c.c.p. Dra. Catherine Rose Ettinger McEnulty.- Secretaria Técnica del Consejo Académico del PIDA.  
Dr. Gabriel Gómez Azpeitia.- Representante Institucional del PIDA - Universidad de Colima.  
Doctorante.  
Archivo.



## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Armando Alcántara Lomelí director de esta tesis; a mis asesores los doctores: Ignacio Galindo Estrada y Miguel Elizondo Mata.

A quienes han hecho posible el Programa Interinstitucional de Doctorado en Arquitectura (PIDA), contribuyendo nacionalmente a la apertura de posibilidades para la superación de académicos, de academias y especialmente del conocimiento. A los responsables actuales y pasados del PIDA en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, que con sus atenciones han posibilitado y facilitado la continuidad de mis estudios. Agradezco particularmente a las Doctoras: Eugenia Azevedo Salomao y a Catherine R. Ettinger McEnulty.

Agradezco igualmente a las autoridades actuales y pasadas de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Yucatán, quienes con sus palabras de aliento, autorizaciones y paciencia han sido un invaluable apoyo. Especialmente a Edgardo Bolio Arceo, Director anterior de la FAUADY y a Ginés Laucirica Guanche, Director actual.

A los Doctores, Luis Rodríguez Carvajal y Jorge Argáez Sosa, por su asesoría en la interpretación de las correlaciones estadísticas.

A quienes en una u otra etapa han tenido la paciencia de leer este trabajo y hacer valiosos comentarios: Thelma Canto, Carlos Canto, Mirley Catzín y Carlos Alonso Blanqueto.

A las personas que posibilitaron la realización del monitoreo durante esta investigación: al Ing. Carlos P. Rojas Morales, Gerente Regional Peninsular de la C.N.A.; de la misma institución, al Ing. José Luis Acosta Rodríguez, al Ing. Ramón Arjona y al Sr. José Pérez; a la Ing. Graciela Loya y al Ing. Teodoro Amábilis que tienen a su cargo las instalaciones y la estación de monitoreo, respectivamente, de la planta Mérida III; al Ing. Pedro Castillo Lago, Gerente de la Cía. Lodemo, quién autorizó la instalación de instrumental en las gasolineras de esta compañía; al Sr. Philippe Gasparini, Director de la alianza Francesa de Mérida, A. C.; al Capitán Omar Hernández Luna, Jefe del Vivero Forestal Militar San José Tecoh; al Ing. Javier Gaspar González Lope, Gerente General de Profesionales en Señalamiento de Yucatán, S.A. de C.V. (PROSEY); al Ing. Juan Vázquez, encargado del Departamento de Hidráulica de la FIUADY; al Mtro. Eduardo Balam, quien tiene a su cargo la estación climatológica del Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán (CICY); a la Arq. R. Evangelina Loroño Pino, por un lugar en su jardín.

Siempre y para todo, a mi padre, a mi madre, a mi tía Yolanda y a toda la familia.

## RESUMEN

Una de las funciones básicas de la arquitectura es proporcionar un ambiente confortable, para lo que es necesario conocer adecuadamente las condiciones térmicas prevalecientes en el medio en el que se diseñará.

En México, por lo común, la información sistematizada y disponible de las condiciones térmicas proviene de estaciones meteorológicas que tienen como propósito el seguimiento, estudio y predicción del clima a escala regional y global, para fines ligados a actividades como la agricultura, la navegación marítima o aérea u otras no necesariamente relacionadas con la arquitectura. El monitoreo en esos sitios debe realizarse procurando observaciones meteorológicas representativas de las condiciones naturales de una amplia zona, evitando las alteraciones locales como las que se producen en los asentamientos humanos. Dado que la mayor parte de la arquitectura se realiza en poblaciones y sobre todo en las ciudades, es importante saber hasta qué punto los datos térmicos de aquellas estaciones mencionadas son diferentes de los que se presentan en un medio urbano.

El interés por el tema que acá se aborda surgió en la ciudad de Mérida, Yucatán, México, en donde la principal estación meteorológica, de la que provienen los datos que comúnmente se utilizan en el diseño arquitectónico, y a la que en este trabajo nos referimos por Observatorio, ha quedado atrapada por el crecimiento urbano, debiendo, por tanto, presentar alteraciones ocasionadas por este entorno artificial, aún cuando su función principal originalmente fue el seguimiento global del clima.

Por dichas razones surgen los cuestionamientos que motivan este trabajo de investigación: ¿Cuáles son las características y magnitudes de las variaciones espacio temporales de temperatura que se presentan en los distintos puntos del medio urbano?, ¿Son representativos del medio urbano los datos de temperatura de las estaciones de la red meteorológica mundial que comúnmente son utilizados en la práctica del diseño arquitectónico?, ¿Qué relaciones existen entre las características físicas de la ciudad y sus variaciones térmicas espacio-temporales?

Para dar respuesta a las preguntas anteriores, durante un período de 12 meses se registró la temperatura del aire de la capa atmosférica situada por debajo del nivel promedio de las azoteas en sitios dentro de la ciudad de Mérida y puntos de su periferia con condiciones térmicas no urbanas.

Con los registros térmicos obtenidos de la medición se caracterizó la variabilidad espacio temporal de la temperatura del aire de la ciudad, permitiendo, por comparación, evaluar si los datos que proporciona el Observatorio Meteorológico también son representativos de todo el medio urbano.

También, con el producto de las mediciones de esta investigación y con el de un período del historial del Observatorio se calcularon variaciones de temperaturas que se proponen como condiciones térmicas horarias representativas de cada mes en la ciudad.

Finalmente se cuantificó la cantidad de tipos de superficies en torno a las estaciones de medición para determinar las relaciones entre características de la ciudad y su variabilidad térmica. Específicamente se estudio la correlación entre cantidades de tipos de superficies urbanas y la variación en la temperatura del aire.

## ABSTRACT

One of the basic functions of the architecture is to provide a comfortable environment, reason why it is necessary to suitably know the prevailing thermal conditions in the place in which the architecture will be designed.

In Mexico, generally, the systematized and available information of the thermal conditions comes of meteorological stations whose function is the pursuit, study and prediction of the climate on regional and global scale, for aims related to agriculture, aviation or others not necessarily related to the architecture. The measurements in those places should be carried out trying to make representative weather observations of the natural conditions of an extensive zone, reason why the local alterations must be avoided as the ones that are produced in the human settlements. Since the majority of the architecture is carried out in human settlements and especially in the cities, is important to know how different are the thermal data of those stations of the ones that are presented in an urban environment.

The interest by the subject that is undertaken here, arose in Mérida, Yucatan, Mexico, where the main weather station (station Observatory) from which comes the data that commonly are used in the architectonic design, even though their main function also is the global pursuit of the climate, has been trapped by the urban growth, having, therefore, to present alterations caused by the artificial context.

For such reasons some questions arise: Which are the characteristics and magnitudes of temporary temperature variations in different points of a city? Are they the temperature data of the world meteorological network stations that commonly are utilized in practice of the architectonic design, representatives of urban environment? What relations exist between the physical characteristics of the city and its space-temporary thermal variations?

The main objective of this thesis is to give answer to the previous questions, for which, in places inside Mérida city and points of its periphery with not urban thermal conditions, during a period of 12 months the temperature of the air of the atmospheric layer situated under the level average of the roofs was measured. Besides, the different quantity of surfaces around the stations of measurement was calculated.

With the thermal registrations obtained of the previous actions was characterized the changeability spatial and temporary temperature of the air of the city, permitting, by comparison, evaluate if the data that provides the meteorological observatory are also representative of all the city one.

Also with the product of the measurements of this investigation and with that of a period of the record of the observatory, variations of temperature were calculated, which are proposed here as representative monthly thermal conditions hour of each month in the city.

Finally, to determine the relations among characteristics of the city and changeability thermal, this job specifically studied the correlation among different urban surfaces quantities and the variation in the temperature of the air.

# ÍNDICE

|                                                                                                            |               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| AGRADECIMIENTOS                                                                                            | v             |
| RESUMEN                                                                                                    | vii           |
| ABSTRACT                                                                                                   | ix            |
| ÍNDICE                                                                                                     | xi            |
| ÍNDICE DE GRÁFICAS, TABLAS Y FIGURAS                                                                       | xv            |
| GRÁFICAS                                                                                                   | xv            |
| TABLAS                                                                                                     | xvi           |
| FIGURAS                                                                                                    | xvii          |
| <br><b>INTRODUCCIÓN</b>                                                                                    | <br><b>1</b>  |
| Alteraciones de la temperatura del aire en la ciudad                                                       | 1             |
| Climatología urbana                                                                                        | 2             |
| Alteraciones de la temperatura en la ciudad y confort                                                      | 5             |
| Preguntas de investigación                                                                                 | 7             |
| Hipótesis                                                                                                  | 7             |
| Objetivos generales                                                                                        | 8             |
| Objetivos particulares                                                                                     | 8             |
| Metodología general del trabajo                                                                            | 9             |
| Estructura de la tesis                                                                                     | 10            |
| <br><b>CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO</b>                                                                       | <br><b>13</b> |
| 1.1. VARIACIONES DE LAS CONDICIONES TÉRMICAS EN LA CIUDAD                                                  | 13            |
| 1.1.1. Escalas climáticas                                                                                  | 15            |
| 1.1.2. Características generales de la Isla de Calor Urbano (ICU)                                          | 17            |
| 1.1.3. Métodos utilizados en los estudios de las ICU                                                       | 19            |
| 1.1.4. Naturaleza de la isla de calor                                                                      | 20            |
| 1.1.5. El balance de energía de una ICU                                                                    | 20            |
| 1.1.6. El estudio de las alteraciones térmica en ciudades de México                                        | 21            |
| 1.2. EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO Y CONFORT TÉRMICO                                                            | 24            |
| 1.2.1. Modelos de laboratorio                                                                              | 25            |
| 1.2.2. Modelos de campo o adaptativos                                                                      | 28            |
| 1.2.2.1. El voto de confort                                                                                | 29            |
| 1.2.3. Elección de modelo para el cálculo de las condiciones de confort                                    | 32            |
| 1.2.3.2. Ecuación seleccionada para el cálculo de confort                                                  | 33            |
| 1.3. APUNTES RELATIVOS A LA REVISIÓN DE CONCEPTOS ACERCA DE LA CLIMATOLOGÍA Y EL CONFORT                   | 37            |
| <br><b>CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN</b>                                                        | <br><b>39</b> |
| 2.1. PASOS PARA LA IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO                                  | 39            |
| 2.2. PASOS PARA LA ELECCIÓN DE LOS SITIOS DE MEDICIÓN                                                      | 40            |
| 2.3. ACERCA DE LAS MEDICIONES                                                                              | 41            |
| 2.4. PASOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO ZONAL Y GENERAL DE LA CIUDAD DE MÉRIDA       | 42            |
| 2.5. MÉTODO PARA EL ESTABLECIMIENTO DE CORRELACIONES ENTRE CARACTERÍSTICAS URBANAS Y ALTERACIONES TÉRMICAS | 43            |
| 2.6. EL INSTRUMENTAL                                                                                       | 44            |
| 2.6.1. Características del Data Logres Hobo marca Onset                                                    | 45            |
| 2.6.2. Comparación del instrumental                                                                        | 46            |

|                                                                                                                    |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>CAPÍTULO 3. RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS</b>                                                            | <b>47</b> |
| 3.1. EL CONTEXTO                                                                                                   | 47        |
| 3.1.1. Aspectos geográficos                                                                                        | 47        |
| 3.1.1.1. Clima                                                                                                     | 48        |
| 3.1.1.2. Vegetación                                                                                                | 50        |
| 3.1.2. Aspectos sociales y urbanos                                                                                 | 51        |
| 3.2. ELECCIÓN DE ZONAS TÉRMICAS REPRESENTATIVAS                                                                    | 54        |
| 3.3. SELECCIÓN DE LOS SITIOS DE MEDICIÓN                                                                           | 59        |
| 3.3.1. Aprovechamiento de los sitios de medición existentes                                                        | 59        |
| 3.3.2. Abarcar la mayor cantidad de zonas climáticas urbanas                                                       | 60        |
| 3.3.3. Dispersión estratégica en el área urbana                                                                    | 67        |
| 3.3.4. Seguridad de los instrumentos y autorización de propietarios o responsables de los predios                  | 67        |
| 3.4. PERÍODO DE MEDICIÓN                                                                                           | 68        |
| 3.5. PROCESAMIENTO DE LOS DATOS                                                                                    | 68        |
| 3.5.1. Tipos de archivos resultantes, exportación a hojas de cálculo                                               | 68        |
| 3.5.2. Mapas de distribución de las variables                                                                      | 69        |
| <b>CAPÍTULO 4. VARIABILIDAD TÉRMICA EN LA CIUDAD</b>                                                               | <b>71</b> |
| 4.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AIRE EN LA CIUDAD                               | 71        |
| 4.1.1. Máximas diferencias de temperatura en la ciudad                                                             | 74        |
| 4.1.1.1. Promedio de las máximas diferencias horarias                                                              | 75        |
| 4.1.1.2. Máximas diferencias de temperatura entre dos puntos de la ciudad en los días representativos de cada mes. | 75        |
| 4.1.1.3. Mínimas diferencias de temperatura entre dos puntos de la ciudad en los días representativos de cada mes  | 76        |
| 4.1.1.4. Diferencias de temperatura en la estación centro                                                          | 77        |
| 4.1.1.5. Promedios horarios de las temperaturas de todas las estaciones en el período estudiado                    | 77        |
| 4.2. DIFERENCIAS HORARIAS ENTRE LAS MÁXIMAS TEMPERATURAS URBANAS Y LAS DEL MEDIO RURAL                             | 77        |
| 4.3. VARIABILIDAD POR ZONAS                                                                                        | 79        |
| 4.3.1. Zona Térmica Urbana 1                                                                                       | 79        |
| 4.3.1.1. Promedios anuales                                                                                         | 80        |
| 4.3.1.2. Promedios mensuales                                                                                       | 80        |
| 4.3.2. Zona Térmica Urbana 2                                                                                       | 82        |
| 4.3.2.1. Promedios anuales                                                                                         | 83        |
| 4.3.2.2. Promedios mensuales                                                                                       | 84        |
| 4.3.3. Zona Térmica Urbana 3                                                                                       | 85        |
| 4.3.3.1. Promedios anuales                                                                                         | 86        |
| 4.3.3.2. Promedios mensuales                                                                                       | 87        |
| 4.3.4. Zona Térmica Urbana 4                                                                                       | 88        |
| 4.3.4.1. Promedios anuales                                                                                         | 88        |
| 4.3.4.2. Promedios mensuales                                                                                       | 89        |
| 4.3.5. Zona Térmica Urbana 5                                                                                       | 90        |
| 4.3.5.1. Análisis de los promedios anuales                                                                         | 90        |
| 4.3.5.2. Análisis de los promedios mensuales                                                                       | 91        |
| 4.3.6. Zona Térmica Urbana 6                                                                                       | 93        |
| 4.3.6.1. Análisis de los promedios anuales                                                                         | 93        |
| 4.3.6.2. Análisis de los promedios mensuales                                                                       | 94        |
| 4.3.7. Zona Térmica Urbana 7                                                                                       | 95        |
| 4.3.7.1. Análisis de los promedios anuales                                                                         | 95        |

|                                                                                                                        |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.3.7.2 Análisis de los promedios mensuales                                                                            | 96         |
| 4.3.8. Zona Térmica Urbana 8                                                                                           | 97         |
| 4.3.9. Resumen del análisis de las variaciones de temperatura en la ciudad                                             | 98         |
| 4.4. MAPAS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AIRE EN LA CIUDAD                                                  | 100        |
| 4.4.1. Análisis de los mapas de isocurvas de temperaturas mensuales promedio                                           | 100        |
| 4.4.2. Análisis de los mapas de isocurvas de temperaturas horarias de días promedio                                    | 102        |
| <b>CAPÍTULO 5. DATOS REPRESENTATIVOS DE LA TEMPERATURA EN EL ÁREA URBANA</b>                                           | <b>107</b> |
| 5.1. Evaluación de la representatividad de los datos del Observatorio Meteorológico de Mérida en el área urbana        | 107        |
| 5.2. Determinación de temperaturas representativas del área urbana                                                     | 109        |
| <b>CAPÍTULO 6. EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE COMODIDAD TÉRMICA EN LA CIUDAD DE MÉRIDA</b>                           | <b>113</b> |
| 6.1. Cálculo de las temperaturas de neutralidad y zonas mensuales de confort                                           | 113        |
| 6.2. Análisis de las condiciones urbanas                                                                               | 114        |
| 6.2.1. Período fresco                                                                                                  | 114        |
| 6.2.2. Período cálido seco                                                                                             | 115        |
| 6.2.3. Período cálido húmedo                                                                                           | 117        |
| <b>CAPÍTULO 7. CARACTERÍSTICAS URBANAS Y TEMPERATURA</b>                                                               | <b>121</b> |
| 7.1. Cuantificación de porcentajes de los tipos de superficies urbanas                                                 | 122        |
| 7.2. Correlaciones entre coberturas urbanas y parámetros de temperatura                                                | 124        |
| 7.2.1. Correlaciones entre las temperaturas mínimas mensuales y anuales y las variables independientes                 | 126        |
| 7.2.2. Correlaciones entre las temperaturas medias y las variables independientes                                      | 129        |
| 7.2.3. Correlaciones de las temperaturas máximas y de la oscilación de la temperatura con las variables independientes | 130        |
| <b>RESULTADOS Y CONCLUSIONES</b>                                                                                       | <b>131</b> |
| CARACTERÍSTICAS DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIO TEMPORAL DE LA TEMPERATURA DEL AIRE EN LA CIUDAD                            | 131        |
| DATOS REPRESENTATIVOS DE LAS CONDICIONES TÉRMICAS URBANAS                                                              | 135        |
| RELACIÓN ENTRE PORCENTAJES DE SUPERFICIES URBANAS Y TEMPERATURAS                                                       | 138        |
| <b>BIBLIOGRAFÍA</b>                                                                                                    | <b>141</b> |
| <b>ANEXO 1. TABLAS DE CADA MES CON LAS TEMPERATURAS HORARIAS REGISTRADAS EN LOS SITIOS DE MEDICIÓN</b>                 | <b>147</b> |
| <b>ANEXO 2. TABLAS DE CADA SITIO CON LAS TEMPERATURAS HORARIAS REGISTRADAS CADA MES</b>                                | <b>155</b> |
| <b>ANEXO 3. TABLAS DE CADA SITIO CON LAS TEMPERATURAS HORARIAS REPRESENTATIVAS DE CADA MES</b>                         | <b>163</b> |

# ÍNDICE DE GRÁFICAS, TABLAS Y FIGURAS

## GRÁFICAS

### 1. MARCO TEÓRICO

Gráfica 1. Cambio de la temperatura de confort debido a las variaciones de la temperatura promedio mensual del aire, p. 28.

Gráficas 2a y 2b. Comparación del modelo de Fanger con la realidad, p. 34.

Gráficas 3a y 3b. La zona y límites de confort óptimos para edificios con aire acondicionado, p.34.

Gráficas 4a y 4b. La zona y límites de confort óptimos para edificios ventilados naturalmente, p.34.

Gráfica 5. Rangos aceptables de temperatura operativa para espacios acondicionados naturalmente, p.35.

Gráficas 6a y 6b. Temperaturas de confort como una función de las temperaturas exteriores, p.35.

### 4. VARIABILIDAD TÉRMICA EN LA CIUDAD

Gráficas de la 7a a la 7f. Variabilidad térmica en las estaciones, p.73 Y 74.

Gráfica 8. Evolución de la isla Urbana de calor, p.79.

Gráfica 9. Promedios horarios del período estudiado en las estaciones Centro y la Ceiba, p.80.

Gráficas de la 10a a la 10c. Comparación de las temperaturas de la ZTU1 y la Ceiba, p.81 y 82.

Gráfica 11. Comparación de temperaturas de la ZTU 2, p.83.

Gráficas de la 12a a la 12c. Comparación de las temperaturas de la ZTU2 y la Ceiba en un mes fresco, enero, en uno cálido seco, abril, y en otro cálido húmedo, agosto, p.84 Y 85.

Gráfica 13 Comparación de temperaturas de la ZTU 3, p.86.

Gráficas de la 14a a la 14c. Comparación de las temperaturas de los sitios de medición de la ZTU3 y de la Ceiba en enero, abril y agosto, p.87.

Gráfica 15. Comparación de temperaturas de la ZTU 4, p.88.

Gráficas de la 16a a la 16c. Comparación de las temperaturas de la ZTU4 y la Ceiba en enero, abril y agosto, p. 90.

Gráfica 17 Comparación de temperaturas de la ZTU 5, p. 91.

Gráficas de la 18a a 18c. Comparación de las temperaturas de las estaciones de la ZTU5 y la de la Ceiba en un mes del período fresco, enero; en uno cálido seco, abril, y en uno cálido húmedo, agosto, p.92.

Gráfica 19. Comparación de temperaturas de la ZTU 6, p.93.

Gráficas de la 20a a la 20c. Comparación de las temperaturas de la ZTU6 y la Ceiba en los meses de enero, abril y agosto, p.94.

Gráfica 21. Comparación de temperaturas de la ZTU 7, p.95

Gráficas de la 22a a la 22c. Comparación de las temperaturas de la ZTU 7 y la Ceiba en un mes fresco, enero, en uno cálido seco, abril, y en otro cálido húmedo, agosto, p.96 y 97.

Gráfica 23. Variaciones horarias promedio anual de la temperatura del aire en cada sitio de medición, p.99.

### 5. DATOS REPRESENTATIVOS DE LA TEMPERATURA EN EL ÁREA URBANA

Gráfica 24. Comparación de los promedios de temperaturas horarias del período estudiado, p.108.

Gráfica 25. Representación de los datos empleados para determinar temperaturas urbanas promedio, p.111.

### 6. EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE COMODIDAD TÉRMICA EN LA CIUDAD DE MÉRIDA

Gráficas de la 26a a la 26c. Variabilidad térmica en las estaciones en el período fresco, p.114 y 115.

Gráficas 27a a 27c. Variabilidad térmica en las estaciones en el período cálido seco, p.116.

Gráficas de la 28a a la 28f. Variabilidad térmica en las estaciones en el período cálido húmedo, p. de la 117 a la 119.

## 7. CARACTERÍSTICAS URBANAS Y TEMPERATURA

Gráficas de la 29a a la 29p de dispersión y líneas de ajuste que correlacionan los porcentajes de tipos de superficies urbanas, como variables independientes y los parámetros anuales de temperatura del aire como variables dependientes, p.126.

## TABLAS

### 1. MARCO TEÓRICO

Tabla 1. Cronología de estudios de diferencias térmicas campo ciudad. p. 18.

Tabla 2. Características generales de las ICU, p. 18.

Tabla 3. Causas sugeridas de isla de calor en la capa del aire a nivel de edificios, p.21.

Tabla 4. Escalas subjetivas de evaluación de las condiciones térmicas, p.29.

### 2. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

### 3. RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS

Tabla 5. Crecimiento de la población de Mérida y de su superficie, p.52.

Tabla 6. Cuantificación del uso del suelo en Mérida, 2001, p.54.

Tabla 7. Relación de instrumental de medición utilizado por estación y zona térmica urbana, p.67.

Tabla 8. Muestra de las tablas organizativas de las temperaturas horarios mensuales registradas en una estación, p. 69.

### 4. VARIABILIDAD TÉRMICA EN LA CIUDAD

Tabla 9a. Promedios horarios de temperatura en las estaciones durante enero de 2005, p.72.

Tabla 10. Promedios, máximas y mínimas diferencias horarias de la temperatura entre dos puntos de la ciudad, p.74.

Tabla 11. Máximas diferencias diarias de temperatura en la ciudad, p.75.

Tabla12. Mínimas diferencias diarias de temperatura en la ciudad, p.76.

Tabla 13. Temperaturas horarias promedio de todas las estaciones durante el período estudiado, p.77.

Tabla 14. Diferencias horarias entre las máximas temperaturas urbanas y las del medio rural, p.78.

Tabla 15. Datos comparativos de las temperaturas de las estaciones Centro y la Ceiba, p.80.

Tabla 16. Variaciones horarias anuales de las estaciones G. Ginerés, Alianza Francesa y la Ceiba, p. 83.

Tabla 17. Variaciones horarias anuales de las estaciones de la ZTU3, p.86.

Tabla 18. Variaciones horarias anuales de la estación Juan Pablo II y la Ceiba, p.88

Tabla 19. Variaciones horarias anuales de las estaciones Linda Vista, Kukulcán, CICY y la Ceiba, p.91.

Tabla 20. Variaciones horarias anuales de las estaciones PROSEY, Imperial, SEDENA Y la Ceiba, p.93

Tabla 21. Variaciones horarias anuales de las estaciones Mérida III y la Ceiba, p.95

Tabla 22. Precipitación pluvial durante los meses de monitoreo, p.101.

### 5. DATOS REPRESENTATIVOS DE LA TEMPERATURA EN EL ÁREA URBANA

Tabla 23. Promedios horarios de temperatura medidos en el Observatorio de julio 2004 a junio de 2005, p. 109.

Tabla 24. Promedios horarios históricos de temperatura medidos en el Observatorio, p.110.

Tabla 25. Diferencias entre los promedios históricos de temperatura y los del período estudiado, ambos medidos en el Observatorio, p.110.

Tabla 26. Datos representativos de temperatura del aire en el área urbana, p.110.

### 6. EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE COMODIDAD TÉRMICA EN LA CIUDAD DE MÉRIDA

Tabla 27. Temperaturas representativas del área urbana con las temperaturas de neutralidad y los límites de las zonas de confort de cada mes, p.113.

## 7. CARACTERÍSTICAS URBANAS Y TEMPERATURA

Tabla 28. Resultados de la clasificación de tipos de superficies, p. 123.

Tablas 29a. Relación de variables independientes y variables dependientes del primer semestre de 2005, p.124.

Tablas 29b. Relación de variables independientes y variables dependientes del segundo semestre de 2004, p.125.

Tabla 30. Concentrado de correlaciones estadísticas, p. 128.

## ANEXO 1. TABLAS DE CADA MES CON LAS TEMPERATURAS HORARIAS REGISTRADAS EN LOS SITIOS DE MEDICIÓN

Tabla 9a. Promedios horarios de temperatura en las estaciones durante enero de 2005, p. 148.

Tabla 9b. Promedios horarios de temperatura en las estaciones durante febrero de 2005, p. 148.

Tabla 9c. Promedios horarios de temperatura en las estaciones durante marzo de 2005, p. 149.

Tabla 9d. Promedios horarios de temperatura en las estaciones durante abril de 2005, p. 149.

Tabla 9e. Promedios horarios de temperatura en las estaciones durante mayo de 2005, p. 150.

Tabla 9f. Promedios horarios de temperatura en las estaciones durante junio de 2005, p. 150.

Tabla 9g. Promedios horarios de temperatura en las estaciones durante julio de 2004, p. 151.

Tabla 9h. Promedios horarios de temperatura en las estaciones durante agosto de 2004, p. 151.

Tabla 9i. Promedios horarios de temperatura en las estaciones durante septiembre de 2004, p. 152.

Tabla 9j. Promedios horarios de temperatura en las estaciones durante octubre de 2004, p.152.

Tabla 9k. Promedios horarios de temperatura en las estaciones durante noviembre de 2004, p. 153.

Tabla 9l. Promedios horarios de temperatura en las estaciones durante diciembre de 2004, p. 153

## ANEXO 2. TABLAS DE CADA SITIO CON LAS TEMPERATURAS HORARIAS REGISTRADAS CADA MES

Tabla 24a. Datos horarios de temperatura de la estación Centro durante el período monitoreado, p. 156.

Tabla 24b. Datos horarios de temperatura de la estación García Ginerés durante el período monitoreado, p. 156.

Tabla 24c. Datos horarios de temperatura de la estación Alianza Francesa durante el período monitoreado, p. 156.

Tabla 24d. Datos horarios de temperatura de la estación Díaz Ordaz durante el período monitoreado, p. 157.

Tabla 24e. Datos horarios de temperatura de la estación Plaza Dorada durante el período monitoreado, p. 157.

Tabla 24f. Datos horarios de la estación Regional de la CONAGUA durante el período monitoreado, p. 157.

Tabla 24g. Datos horarios de temperatura de la estación Emiliano Zapata durante el período monitoreado, p. 158.

Tabla 24h. Datos horarios de temperatura de la estación Miguel Alemán durante el período monitoreado, p. 158.

Tabla 24i. Datos horarios de temperatura de la estación Juan Pablo II durante el período monitoreado, p. 158.

Tabla 24j. Datos horarios de temperatura de la estación Observatorio durante el período monitoreado, p. 159.

Tabla 24k. Datos horarios de temperatura de la estación Linda Vista durante el período monitoreado, p. 159.

Tabla 24l. Datos horarios de temperatura de la estación Kukulcán durante el período monitoreado, p. 159.

TABLA 24m. Datos horarios de temperatura de la estación CICY durante el período monitoreado, p. 160.

TABLA 24n. Datos horarios de temperatura de la estación PROSEY durante el período monitoreado, p. 160.

TABLA 24o. Datos horarios de temperatura de la estación Gas Imperial durante el período monitoreado, p. 160.

TABLA 24p. Datos horarios de temperatura de la estación SEDENA durante el período monitoreado, p. 161.  
 TABLA 24q. Datos horarios de temperatura de la estación FIUADY durante el período monitoreado, p. 161.  
 TABLA 24r. Datos horarios de temperatura de la estación Mérida III durante el período monitoreado, p. 161.  
 TABLA 24s. Datos horarios de temperatura de la estación La Ceiba durante el período monitoreado, p. 162.

### ANEXO 3. TABLAS DE CADA SITIO CON LAS TEMPERATURAS HORARIAS REPRESENTATIVAS DE CADA MES

Tabla 26a. Datos representativos de la estación Centro, p. 164.  
 Tabla 26b. Datos representativos de la estación García Ginerés, p. 164.  
 Tabla 26c. Datos representativos de la estación Alianza Francesa, p. 164.  
 Tabla 26d. Datos representativos de la estación Díaz Ordaz, p. 165.  
 Tabla 26e. Datos representativos de la estación Plaza Dorada, p. 165.  
 Tabla 26f. Datos representativos de la estación Regional de la CONAGUA, p. 165.  
 Tabla 26g. Datos representativos de la estación Emiliano Zapata, p. 166.  
 Tabla 26h. Datos representativos de la estación Miguel Alemán, p. 166.  
 Tabla 26i. Datos representativos de la estación Juan Pablo II, p. 166.  
 Tabla 26j. Datos representativos de la estación Observatorio, p. 167.  
 Tabla 26k. Datos representativos de la estación Linda Vista, p. 167.  
 Tabla 26l. Datos representativos de la estación Kukulcán, p. 167.

## FIGURAS

### 1. MARCO TEÓRICO

Figura 1. Escalas y capas relevantes en el estudio del clima urbano, p.16.  
 Figura 2. Sitios del mundo de donde proviene la base de datos del proyecto RP-884 de la ASHRAE, P.30.  
 Figuras 6a y 6b. Temperaturas de confort como una función de las temperaturas exteriores, p.36.

### 2. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Figuras 3 y 4. Instrumental utilizado, p.44.  
 Figuras 5 y 6. Comprobación del instrumental, p.44.  
 Figura 7. Protección del instrumental, p.45.  
 Figuras 8 y 9. Protección contra la energía radiante, p.45.

### 3. RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS

Figura 10. Ubicación de la Península de Yucatán, p.48.  
 Figuras 11 y 12. Ubicación de la ciudad de Mérida en la Península de Yucatán, p.48.  
 Figura 13. Mapa de climas de la República Mexicana, p.49.  
 Figura 14. Mapa de climas del estado de Yucatán, p.49.  
 Figuras 15a y 15b. Ejemplos del tipo de vegetación del entorno rural de Mérida en la estación seca y en la húmeda, p.51.  
 Figura 16. Mapa de la ciudad de Mérida, p. 52.  
 Figuras 17 y 18. ZTU 1, imágenes del Centro Histórico, p.55.  
 Figuras 19 y 20. ZTU 2, Imágenes de la Colonia García Ginerés, p.56.  
 Figuras 21 y 22. ZTU 3, imágenes de la colonia Miguel Alemán, p.56.  
 Figuras 23 y 24. ZTU 4, imágenes del fraccionamiento Juan Pablo II, p.57.  
 Figuras 25 y 26. ZTU 5, imágenes del fraccionamiento Linda Vista, p.57.  
 Figuras 27 y 28. ZTU 6, en torno a la estación Gas Imperial, p.58.  
 Figuras 29 y 30. ZTU 7, planta Mérida III y su entorno, p.58.

Figuras 31 y 32. ZTU 8, fraccionamiento la Ceiba, p.59.  
 Figura 33. Estación Centro, p. 61.  
 Figuras 34 y 35. Estaciones representativas de la ZTU 2, p.61.  
 Figuras 36 y 37. Estaciones de la ZTU 3, p.62.  
 Figuras 38 y 39. Otras estaciones representativas de la ZTU 3, p.62.  
 Figura 40. Estación Juan Pablo II. P.63  
 Figuras 41 y 42. Estaciones representativas de la ZTU 5, p.63.  
 Figuras 43 y 44. También, estaciones para mediciones representativas de la ZTU 5, p.64.  
 Figuras 45 y 46. Estaciones de la ZTU 6, p.64.  
 Figuras 47 y 48. ZTU 6, p.65.  
 Figura 49. Estación de medición existente en la ZTU 7, p.65.  
 Figura 50. Plano de ubicación de todas estaciones en la ciudad de Mérida, p.66.  
 Figura 51. Muestra de los mapas de distribución de las variables bioclimáticas, representadas con una gradación de colores delimitados por isolíneas, p.70.

#### 4. VARIABILIDAD TÉRMICA EN LA CIUDAD

Figuras de la 52a a la 52l. Mapas de curvas isotermas de la temperatura promedio mensual en la ciudad de Mérida, desarrollados con ayuda de un software de Sistemas de Información Geográfica, p. 101 Y 102.  
 Figuras de la 53a a la 53h. Isotermas de temperatura en diferentes momentos de un día promedio del mes de enero, p.n104.  
 Figuras de la 54a a la 54h. Isotermas de temperatura en diferentes momentos de un día promedio del mes de abril, p.105.  
 Figuras de la 55a a la 55h. Isotermas de temperatura en diferentes momentos de un día promedio del mes de agosto, p.106.

#### 5. DATOS REPRESENTATIVOS DE LA TEMPERATURA EN EL ÁREA URBANA

#### 7. CARACTERÍSTICAS URBANAS Y TEMPERATURA

Figura 56a y 56b. Ejemplo del proceso de cuantificación de los tipos de superficie urbana, p.122 y 123.

---

## INTRODUCCIÓN

Una de las funciones básicas de la arquitectura es proporcionar un ambiente confortable y para lograrlo es necesario conocer adecuadamente las condiciones térmicas prevalecientes en el medio en el que se ubicará.

### ALTERACIONES DE LA TEMPERATURA DEL AIRE EN LA CIUDAD

Aunque la mayor parte de las edificaciones se realizan en las ciudades, los datos del clima que se utilizan en el proceso de diseño son representativos de condiciones macroclimáticas y no urbanas, ya que, por lo general, provienen de estaciones meteorológicas cuyas funciones son tales como medir la marcha natural del tiempo o las condiciones atmosféricas en el entorno de los aeropuertos. Contradictoriamente el clima de las ciudades es precisamente una alteración del clima natural atribuible a las transformaciones que el hombre ha realizado en la naturaleza para hacer su vida en sociedad.

Por otra parte, muchas de las estaciones meteorológicas ya no cumplen con los requisitos para las cuales fueron implementadas puesto que al crecer las ciudades las estaciones han quedado dentro de sus perímetros. En tales casos sus datos tal vez sí sean representativos de condiciones urbanas.

Esta tesis aborda los aspectos arriba planteados, en la ciudad de Mérida, México, ejemplo de clima caliente subhúmedo de acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por García (1973).

Durante un período de 12 meses se registró la temperatura del aire de la capa atmosférica situada por debajo del nivel promedio de las azoteas en sitios dentro de la ciudad, en sus límites y en un lugar aledaño con características rurales. De julio a diciembre de 2004 los sitios de medición fueron 15, mientras que de enero a junio de 2005 el número se incrementó a 19.

Con los datos se caracterizó la variabilidad espacio temporal urbana de la temperatura del aire, se estudió cuáles pueden emplearse como representativos del medio urbano y se realizó un estudio de correlaciones estadísticas entre condiciones térmicas y cantidades de tipos de superficies.

## CLIMATOLOGÍA URBANA

La base principal de conocimientos en los que se fundamenta este trabajo de investigación proviene de la Climatología Urbana. De acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial, la Climatología Urbana estudia el clima modificado por los efectos del crecimiento de las ciudades, entre los que está incluido el calor antropogénico y la contaminación atmosférica.

La particularidad de cualquier clima está relacionada con el flujo de energía que llega a la superficie y su distribución subsiguiente. La cantidad de energía recibida depende de la relación sol tierra, junto con la manera como la radiación solar es modificada cuando pasa a través de la atmósfera o es reflejada por la superficie. El hombre no tiene ingerencias en la posición astronómica, pero modifica notoriamente la atmósfera y la superficie; es así como el balance energético es alterado por el ser humano. Las alteraciones de energía y masa que se producen en las ciudades son la causa de sus diferencias climáticas con respecto al área rural circundante. La magnitud de las modificaciones depende de las características de las ciudades, esto es, de su posición geográfica, sus dimensiones –en términos tanto de población como de superficie ocupada– y el

consumo de energía para sus funciones básicas. Las alteraciones se dan tanto en el aspecto térmico, como en el hidrológico y en el aerodinámico.

El objeto de esta investigación son las modificaciones espacio temporales de las condiciones térmicas urbanas, su efecto en el confort y su relación con las características urbanas.

En general, las investigaciones del clima en las ciudades se han realizado desde la perspectiva de la climatología con fines diferentes a los del presente trabajo. En su mayoría no han tenido como propósito la evaluación de los ambientes térmicos sino conocer las diferencias del calentamiento de las ciudades respecto a los alrededores rurales, fenómeno llamado isla de calor urbano (ICU), que es el más estudiado de la climatología urbana. Estrictamente hablando, tampoco existen muchos trabajos acerca de la distribución espacio temporal del calentamiento y la conformación de diferentes ambientes dentro de los asentamientos.

Con respecto a la evaluación de las condiciones bioclimáticas, ésta se ha realizado utilizando índices de confort determinados en laboratorios aunque el propósito no se relaciona con el efecto de las condiciones térmicas exteriores en los espacios interiores. Autores actuales como Gulyás, Á., J. Anger, B. Balázs, A. Matzarakis (Gulyás y otros, 2003), y H. Mayer, (Matzarakis, A y H. Mayer, 2000), etc. han realizado interesantes evaluaciones acerca de las condiciones bioclimáticas en ciudades de Europa del Norte y Oriente utilizando el índice de confort Predicted Mean Vote (PMV) de Fanger, al parecer el índice de confort de laboratorio más utilizado mundialmente, pero sus propósitos están vinculados con la planeación urbana y diseño de espacios exteriores en los que el calor radiante juega un papel preponderante.

Existen dos etapas en el estudio de la climatología urbana; una primera que se caracteriza principalmente por el propósito de describir las alteraciones climáticas en la ciudad y la segunda por el énfasis en explicar la naturaleza y causas del fenómeno.

En general, ambos tipos de investigaciones no facilitan la caracterización de la variabilidad térmica por medio de algún tipo de cálculo o extrapolación de

resultados de casos, puesto que a los factores naturales que condicionan el clima se suman factores artificiales igualmente complejos. Sin embargo, los avances del conocimiento del fenómeno facilitan la optimización de recursos para lograr, por medio de mediciones específicas, una noción adecuada de la distribución higratérmica para cada ciudad en particular.

Las alteraciones de los ambientes térmicos de la ciudad son el resultado de cambios en la geometría y materiales de su superficie, así como en la composición de la atmósfera sobre ésta. Para comprender la distribución térmica urbana es necesario conocer las escalas de alteraciones climáticas y cómo se interrelacionan entre sí.

La mayor escala a considerar en la ciudad corresponde al denominado mesoclima urbano y abarca la temperatura del aire sobre toda su superficie. La siguiente, de menor tamaño, es la escala local; el mesoclima urbano puede considerarse como un mosaico de ambientes a escala local, los cuáles corresponden a zonas con características similares como las de los fraccionamientos, colonias, centro urbano, etc. que en adelante llamaremos Zonas Térmicas Urbanas (ZTU). La escala menor corresponde a los microclimas, determinada por elementos individuales como edificios, árboles, caminos, calles, bardas, jardines, etc. Esas tres escalas corresponden a la extensión horizontal de la masa atmosférica sobre el suelo.

Igualmente importante es tener en cuenta la extensión vertical del calentamiento del aire sobre la superficie urbana. Al respecto, nos interesan dos capas en particular, la que se encuentra directamente sobre el suelo y su espesor llega hasta la altura promedio de las azoteas de los edificios y los árboles, y la que se encuentra a partir de éste nivel hasta donde se pierde el efecto de la ciudad en la atmósfera.

Este trabajo estudia las alteraciones térmicas del aire en la primera capa a nivel mesoescala, concebida ésta como un mosaico de zonas térmicas urbanas. Uno de los principales propósitos es caracterizar las variaciones temperatura de diferentes ZTU y evaluar su relación con las características geométricas y de los materiales de las superficies que conforman cada una de ellas.

## ALTERACIONES DE LA TEMPERATURA EN LA CIUDAD Y CONFORT

Desde el punto de vista del diseño arquitectónico en la ciudad, la importancia de las alteraciones de la temperatura del aire se relacionan con su efecto en el confort humano. Por tanto, en este trabajo se evalúan y comparan las condiciones de confort de las diferentes zonas urbanas donde se realizaron las mediciones de temperatura: especialmente las del Observatorio Meteorológico de la CONAGUA, la del medio no urbano circundante y la de las condiciones promedio de la ciudad. Para la evaluación se seleccionó un índice de confort adecuado a las características de este trabajo, de acuerdo con el criterio que se expone a continuación.

### **Enfoques para la determinación de los parámetros de evaluación del confort**

#### *La zona de confort*

Se han adoptado las siguientes definiciones citadas por Olesen y Brager (2004) comúnmente aceptadas y acordes con las normas internacionales de la International Standards Organization (ISO) y la American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE):

Confort térmico: es una respuesta subjetiva, o estado de la mente, donde una persona expresa satisfacción con el ambiente térmico.

Zona de confort<sup>1</sup>: condición térmica ambiental con la cual el 80% de la gente manifiesta total satisfacción.

Para la determinación de las condiciones de confort existen diversos modelos que para los fines de este trabajo se agrupan en: los que se sustentan en investigaciones de campo y los que lo hacen en las de laboratorio. Los primeros se basan en estudios que se realizan en edificios en funcionamiento cotidiano y formulan condiciones variables de confort vinculadas a la variabilidad térmica

---

<sup>1</sup> La "Zona de Confort" fue definida por Houghton y Yaglou en 1923 y especifica el clima "ideal" basado en mediciones fisiológicas (Chappells, H. y E. Shove, 2004: 8).

natural; los segundos se basan en estudios en cámaras controladas y modelos de simulación, que por lo general establecen condiciones fijas o casi fijas de confort.

La exactitud para predecir las condiciones de confort de los modelos de laboratorio es comprobable para ciertos rangos de condiciones controladas y sólo resultan parcialmente efectivos para edificios con acondicionamiento artificial, siendo inadecuados para edificios con acondicionamiento natural (De Dear, R., G. Brager y D. Cooper, 1997).

La principal atención de este trabajo es para edificios con acondicionamiento natural, por lo que se ha seleccionado uno de los modelos de campo para analizar las alteraciones espacio temporales de las condiciones de confort en las ZTU.

Es de aceptación generalizada (Olgyay, Givoni, Fanger, Humphreys, etc.) que las variables del clima que influyen en la sensación térmica de los individuos son la temperatura del aire, temperatura radiante, humedad y velocidad del aire que, en conjunción con los parámetros personales –ropa y nivel de actividad o tasa metabólica– determinan primeramente el intercambio de calor con el ambiente.

Para determinar los parámetros de confort que se emplearán para evaluar las condiciones térmicas exteriores, con las cuales se podrán determinar las características que deben lograrse en los interiores, se escogió el modelo de Humphreys que se basa únicamente en la temperatura media mensual exterior del aire, la cual, de acuerdo con Nicol y Humphreys (2002), es más que una simple variable porque queda implícita la elección de la ropa, el control del edificio, la postura corporal, etc. Para la definición de las condiciones de confort el modelo se basa en la fórmula para el cálculo de la neutralidad térmica:

$$T_N = 13.5 + 0.54 T_m$$

*T<sub>N</sub>* = temperatura de neutralidad (aquella en que el ser humano no manifiesta ni frío ni calor) y *T<sub>m</sub>* es la temperatura exterior media mensual del aire.

El rango de confort para edificios es =  $T_N \pm 3.5$  para 80% de la gente y  $T_N \pm 2.5$  para el 90%.

Por otra parte, puesto que el contexto de interés principal en esta investigación corresponde a un clima cálido con temporada seca y húmeda, la ventilación juega un papel de gran relevancia en el acondicionamiento de los

edificios, por lo que se requiere la evaluación continua de las condiciones térmicas del aire para poder determinar acciones correctivas como propiciar su flujo, evitarlo, acelerarlo, enfriarlo, deshumidificarlo, etc. En otras palabras, para el logro del confort es importante determinar la variabilidad térmica diaria y estacional de la temperatura del aire en la ciudad.

## PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Cuáles son las características y magnitudes de las variaciones espacio temporales de temperatura que se presentan en la ciudad y el medio no urbano circundante?
2. ¿Deben ser consideradas en el proceso de diseño las variaciones térmicas que como resultado de las diversas características físicas de la ciudad se presentan entre sus diferentes puntos y respecto del campo que la circunda?
3. ¿Son representativos del medio urbano los datos de temperatura de las estaciones de la red meteorológica mundial que comúnmente son utilizados en la práctica del diseño arquitectónico? En su defecto ¿cuáles podrían serlo?
4. ¿Qué relaciones existen entre las características físicas de la ciudad y sus variaciones térmicas espacio temporales?

## HIPÓTESIS

1. Las características constitutivas de una ciudad y del medio no urbano que la rodea crean zonas con diferencias térmicas de magnitudes que deben ser consideradas en el diseño arquitectónico. Por la misma razón, las mediciones de las condiciones no alteradas por fenómenos urbanos, acordes con las normas de la red meteorológica mundial –como aquellas de las cuales derivan las “normales climatológicas” que con frecuencia se usan en la arquitectura– no son

representativas del medio urbano y, por tanto, no son adecuadas para utilizarse en el diseño arquitectónico.

2. Las diferencias térmicas entre las zonas urbanas y entre estas y su entorno rural, están correlacionadas con la extensión de los materiales que cubren su superficie.

## OBJETIVOS GENERALES

1. Caracterizar la variabilidad espacio temporal de la temperatura del aire en la ciudad de Mérida, ejemplo de contextos urbanos con temporadas cálidas secas y cálidas húmedas.
2. Encontrar valores representativos de la temperatura urbana que sean adecuados para utilizarse en el diseño arquitectónico.
3. Determinar la relación entre las características físicas artificiales de la ciudad y las variaciones de la temperatura del aire en la capa atmosférica por debajo de la altura promedio de las azoteas de sus edificios.

## OBJETIVOS PARTICULARES

1. Obtener una muestra de las condiciones térmicas de diferentes sitios de la ciudad y sus alrededores durante los períodos característicos del año.
2. Determinar las características de la variabilidad espacio temporal de la temperatura del aire durante los períodos estudiados.
3. Determinar si los datos de la estación de Mérida de la red meteorológica mundial son representativos de las condiciones urbanas.
4. En caso de que la respuesta al cuestionamiento anterior resulte negativa, determinar que datos sí podrían utilizarse como representativos.
5. Analizar estadísticamente si existen relaciones entre las condiciones térmicas urbanas y sus características físicas artificiales.

## METODOLOGÍA GENERAL DEL TRABAJO

El trabajo se basó en mediciones de la temperatura del aire durante doce meses, que fueron divididos en tres períodos característicos acordes a las condiciones térmicas de la ciudad de Mérida. En el primer período predominan condiciones frescas y comprende los meses de diciembre, enero y febrero, que son meses de poca lluvia y moderada humedad en el aire. Un segundo período, el cálido seco, que abarca marzo, abril y mayo es de muy escasas lluvias y poca humedad en el aire; en este período se registran las temperaturas más altas. El tercer período es el cálido húmedo; es el más largo del año y dura de junio a noviembre.

La selección de los sitios de medición se basó en el análisis de las características morfológicas y funcionales de la ciudad, realizado por medio de recorridos, documentos oficiales de la oficina de desarrollo urbano municipal y con el auxilio de imágenes satelitales de alta resolución. Estas sirvieron de apoyo para la inspección directa y principalmente para la cuantificación de los tipos de coberturas del área urbana. Además, se procuró que las zonas de medición tuvieran diferentes emplazamientos: zonas en los cuatro extremos cardinales, en el centro de la ciudad, a diferentes distancias con respecto a éste y zonas surgidas en diferentes períodos históricos.

En total, se contó con 15 estaciones para la medición de las condiciones térmicas de los últimos seis meses de 2004 y con 19 para los seis primeros de 2005. Tres de las estaciones climatológicas son de la CNA, en donde se instalaron instrumentos propios; igualmente se contó con los datos de 3 organismos –otra dependencia de la CNA, de la Planta Mérida III y de la Facultad de Ingeniería de la UADY–; las estaciones restantes se instalaron específicamente para este trabajo.

Los instrumentos, excepto 1, fueron automáticos; 3 de ellos fueron estaciones meteorológicas compactas y 15 datalogers que miden temperatura y humedad. Los registros no automáticos fueron obtenidos del Observatorio Meteorológico de la CNA, pero igualmente fueron transformados a formato digital.

Los datos se procesaron estadísticamente a través de hojas de cálculo Excel y por medio de mapas de líneas isotermas realizados con el software de sistemas de información geográfica Arcview.

Los datos de temperatura representativos del área urbana se calcularon por medio de los datos del período de medición y su comparación con el historial de la estación Observatorio Meteorológico de la CONAGUA que fue incluido como parte de esta investigación.

Los datos representativos del área urbana y los de la estación de medición que sirvió para registrar las temperaturas del campo se compararon con los de la estación Observatorio para determinar si éstos son representativos de la ciudad o del medio urbano y si son adecuados para usar en el diseño arquitectónico y acondicionamiento térmico de espacios exteriores.

La evaluación de las condiciones de confort en la ciudad se basó en la determinación de un índice de confort (utilizando las temperaturas urbanas representativas) y la comparación de éste con las condiciones térmicas de la ciudad.

Por último, con base al análisis de las tablas, gráficas, mapas y el análisis estadístico de relaciones entre tipos de cobertura y condiciones térmicas se identificaron relaciones de causa efecto entre características físicas artificiales y condiciones térmicas.

## ESTRUCTURA DE LA TESIS

Este trabajo consta de siete capítulos. El primero presenta el marco teórico dividido en dos partes. La primera corresponde a la revisión de conceptos de la climatología urbana, en la que se incluye el fenómeno de alteración de las condiciones térmicas en la ciudad; se presenta una revisión de casos, de tipos de estudios y de la naturaleza del fenómeno; con base en ello se plantea la metodología que se empleó para el estudio de la distribución térmica. En la segunda parte se abordan aspectos relativos a la importancia del acondicionamiento térmico de los edificios y la consecuente necesidad del

adecuado manejo de las variables que influyen en el confort, se presenta una revisión de las propuestas que sirven para determinar los índices de confort y la que se seleccionó en este trabajo para el análisis de las condiciones térmicas de las zonas estudiadas.

El segundo capítulo explica la metodología, los tipos y características del instrumental de medición, los criterios de su distribución e instalación y los procedimientos del procesamiento de los datos.

El tercer capítulo corresponde a la descripción de las características urbanas, a la selección de los sitios de medición y a la organización de la base de datos registrados.

En el cuarto capítulo se analizan los datos recabados y se hace una caracterización de la distribución térmica espacio temporal en el área urbana por medio de tablas, gráficas, mapas de isotermas y las descripciones correspondientes.

El quinto capítulo expone una propuesta de datos representativos de las temperaturas urbanas y se analiza la representatividad de los del Observatorio con respecto al campo y la ciudad.

En el sexto se calcula un índice de confort con los datos urbanos del quinto capítulo y se realiza una evaluación del efecto de las alteraciones urbanas en la temperatura y el confort.

En el séptimo capítulo se estudia la relación entre características urbanas y condiciones térmicas.

Finalmente se presenta una sección de síntesis de resultados y conclusiones.

Como complemento se incluye la bibliografía y un anexo en el cual se presentan los meses con las temperaturas horarias de un día representativo de cada estación de medición.

---

## 1. MARCO TEÓRICO

Las propósitos de esta tesis son: caracterizar las variaciones espacio temporales de la temperatura de la capa atmosférica que afecta las condiciones térmicas de los edificios de un contexto urbano ubicado en un clima cálido con temporada seca y temporada húmeda, determinar datos representativos de las condiciones térmicas de la ciudad que son necesarios para lograr ambientes térmicos apropiados para el ser humano mediante el diseño arquitectónico y encontrar relaciones entre la temperatura del aire de la ciudad y las características físicas de la misma.

Los principales conocimientos para fundamentar esta investigación pertenecen a la climatología urbana y a los estudios acerca de la percepción y el confort térmico, mismos que son revisados a continuación.

### 1.1. VARIACIONES DE LAS CONDICIONES TÉRMICAS EN LA CIUDAD

El conocimiento de la temperatura del aire de un lugar es un factor indispensable en las etapas del diseño arquitectónico que tienen como propósito el logro del confort térmico.

Los datos climáticos disponibles de la República Mexicana que se utilizan en el proceso de diseño por lo general provienen de las estaciones de observación meteorológica cuya función es el seguimiento de la marcha normal del tiempo. Por lo general, esas estaciones se ubican en los alrededores de las ciudades procurando que las variables que registran no sean alteradas por condiciones locales como las urbanas. Pero en las ciudades, en donde se construyen la inmensa mayoría de las edificaciones, las condiciones exteriores no son iguales que en los alrededores rurales.

En esta sección se fundamenta el criterio para estudiar la variabilidad térmica espacio temporal en la ciudad recurriendo al campo de la climatología urbana.

La Climatología Urbana, de acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial, estudia el clima modificado por el crecimiento urbano, incluyendo el calor antropogénico y la contaminación atmosférica.

En general, el clima está relacionado con el flujo de energía que llega a la superficie de la tierra y con su distribución subsiguiente. La cantidad de energía recibida por una superficie depende de la relación sol tierra junto con la manera en la cual la radiación solar es modificada cuando pasa a través de la atmósfera o es reflejada por su superficie. Las alteraciones de energía y masa que se producen en la ciudad son la causa de sus diferencias climáticas respecto del área rural circundante (Oliver, 1973:237).

Aunque, la climatología urbana abarca un amplio campo de aspectos, en esta investigación se abordó solamente el estudio de las diferencias de temperatura en la ciudad en comparación con la de sus alrededores no urbanizados, fenómeno que generalmente es conocido como la isla de calor urbano (ICU), que es el más estudiado de los efectos climáticos de los asentamientos humanos.

Existen diversos tipos de ICU, como los que se refieren a las diferencias de temperatura de las superficies o a las temperaturas del aire en capas atmosféricas de diferentes alturas. Sin embargo, en este trabajo el interés se orientó hacia la temperatura de la capa que afecta las condiciones interiores de los edificios, esto es, la que se encuentra en contacto con la superficie del terreno hasta el nivel promedio de las alturas de las azoteas.

En sus inicios, en las primeras décadas del siglo XIX, los estudios de la isla de calor tenían un enfoque principalmente descriptivo. Aunque esos tipos de trabajos se siguen realizando –habiéndose conformado ya una gran base de datos– desde los años sesenta del siglo pasado las investigaciones también tienen como propósito principal el entendimiento de los procesos que producen los efectos urbanos en el clima, a través de la aplicación de la teoría de la micrometeorología y, como parte de ésta, el reconocimiento de las escalas del clima (IAUC, 2004: 16).

### 1.1.1. Escalas climáticas

El reconocimiento de las escalas del clima urbano se ha convertido en una parte esencial de las investigaciones. Oke (2004) relaciona y define las tres escalas de interés en el estudio de las islas de calor y el clima urbano en general, mismas que se presentan a continuación:

*A. Microescala:* establecida por las dimensiones de elementos individuales, edificios, árboles, caminos, calles, bardas, jardines, etc., extendiéndose de menos de uno a cientos de metros.

*B. Escala local:* incluye efectos climáticos de las características del paisaje, como las topográficas, pero excluye efectos de microescala. En relación con las ciudades, la escala local incluye los ambientes de vecindarios con particularidades urbanas semejantes, como un mismo tipo de cubiertas; semejante tamaño de edificios y espaciamiento entre ellos, y tipos semejantes de actividades. Dimensiones típicas de esta escala son de una a varios kilómetros.

*C. Mesoescalas:* la influencia ejercida por la ciudad en la capa atmosférica que se encuentra sobre toda su superficie. Su extensión típica es de decenas de kilómetros cuadrados.

El concepto de escala también es fundamental para entender las maneras de interacción de elementos de la superficie urbana con las capas atmosféricas adyacentes, tanto en sentido horizontal como vertical.

Cada escala climática urbana integra homogeneizados los efectos climáticos del intercambio energético de la escala inmediata inferior. Así, la condición atmosférica regional se ve afectado por el mesoclima urbano, y ésta por el intercambio homogenizado de las escalas locales; éstas, a su vez, se ven alteradas por los intercambios homogenizados de los microclimas que las integran; en última instancia, los microclimas están afectados por el intercambio térmico de los diferentes elementos que la constituyen.

Igual de relevante que la consideración de las escalas horizontales lo es la de las verticales (Figura 1). Por ello es importante distinguir los intercambios que se dan en la capa atmosférica que se encuentra entre el suelo y el nivel promedio de azoteas y árboles, y el de la capa que se encuentra sobre ésta y la altura en donde se vuelven nulos los efectos de la ciudad en el clima. Esta distinción, debida a Oke en 1976, ha sido una guía en las investigaciones de clima urbano de todo tipo.

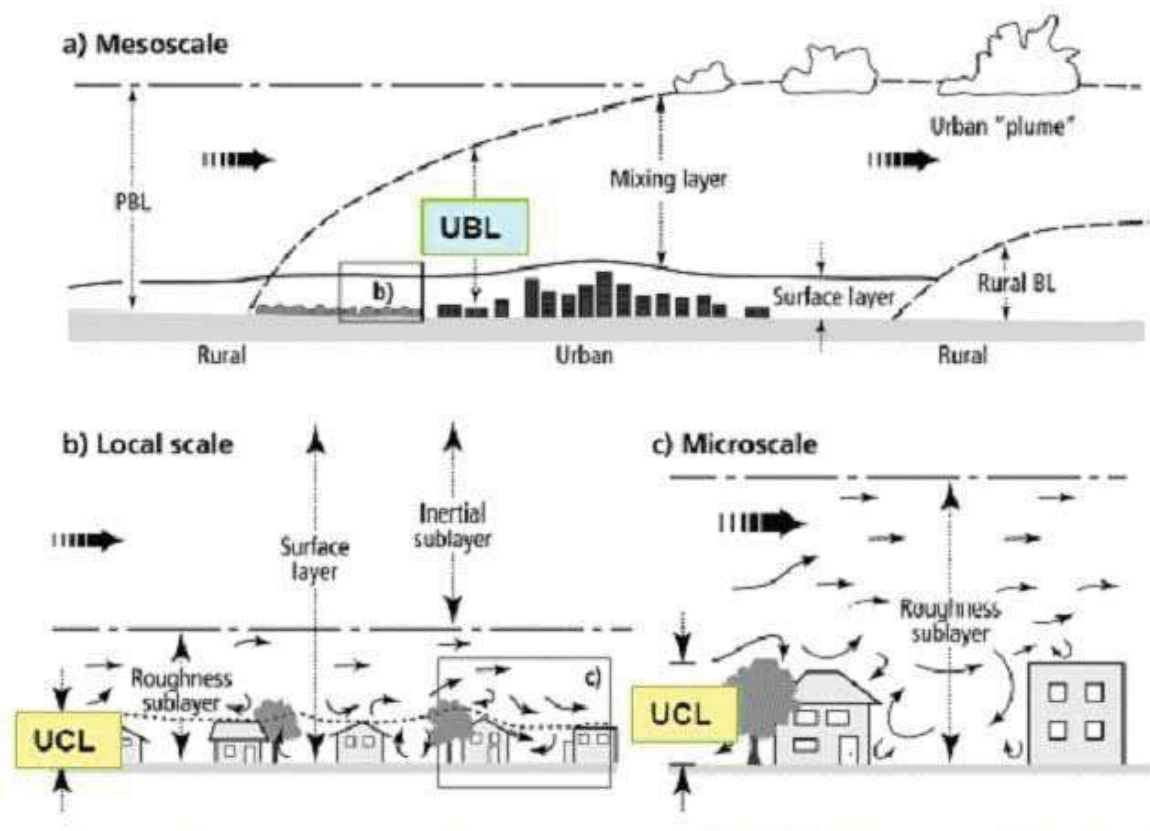


Figura 1. Escalas y capas relevantes en el estudio del clima urbano (Oke, 2004:3)

En la primera capa los procesos de flujo de aire e intercambio atmosférico son el resultado de la combinación de fenómenos de microescala. La segunda capa es la porción atmosférica cuyas características son afectadas por la presencia de superficie urbana abajo y es un fenómeno de escala local o de mesoescala, resultado de procesos que operan en grandes superficies (Arnfield, 2003:3). Es en la primera capa en donde se da el intercambio vertical de masa, velocidad, calor y humedad y es la que nos interesó en este estudio puesto que es ahí donde se miden las temperaturas que se utilizan en el proceso de diseño y es la que más influye el ambiente térmico de los edificios.

### **1.1.2. Características generales de la Isla de Calor Urbano (ICU)**

La International Association for Urban Climate (IAUC) hace la siguiente descripción de la ICU:

Todo asentamiento es capaz de generar ICU, independientemente de su tamaño. La diferencia de temperaturas se revela como un banco de aire caliente con los mayores valores cerca del centro urbano. En los bordes de la ciudad los cambios de temperatura son rápidos, aunque después el gradiente incrementa más despacio. Sin embargo, en la vecindad de parques arbolados son observadas temperaturas más bajas. La intensidad de la ICU se refiere a la máxima diferencia registrada. La magnitud de la diferencia de temperatura campo ciudad es más grande en la noche, bajo cielo claro y poco viento. Bajo tales condiciones, el enfriamiento de las superficies es asociado con intercambios de radiación. Mientras sitios rurales expuestos se enfrían rápidamente después del ocaso, los sitios urbanos lo hacen más lento. La diferencia entre sitios urbanos y rurales crece con tiempo después del ocaso y alcanza su máxima diferencia después de 4 horas. El máximo gradiente registrado es usualmente encontrado en el centro de los asentamientos, es generalmente más grande mientras más lo es el asentamiento (IAUC, 2004:15) [traducción del autor de esta tesis]

Tejeda (2003:166) citando a Helmut Landsberg, escribe que el origen de la climatología se da con la publicación del libro *Climate of London deduced from meteorological observations*, de Luke Howard en 1818, en donde presenta uno de los primeros reportes de alteraciones de la temperatura al indicar que las noches londinenses son aproximadamente 3.7°C más cálidas que los alrededores rurales.

A partir de entonces el número de estudios del tema creció progresivamente. Jáuregui (1971:6) reporta una cronología de algunos de los primeros estudios, que a continuación se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Cronología de estudios de diferencias térmicas campo ciudad.

| AÑO  | AUTORES              | LUGAR                   | RESULTADOS                       | MÉTODO            |
|------|----------------------|-------------------------|----------------------------------|-------------------|
| 1818 | L. Howard (*)        | Londres, Inglaterra     | 3.7°C (centro-periferia)         | estaciones fijas  |
| 1862 | H. Renou             | París, Francia          | Sin especificar                  | estaciones fijas  |
| 1902 | F. Dwenkel           | San Luis Missouri, E.U. | 2°C (centro-periferia)           | estaciones fijas  |
| 1927 | Schmidt (**)         | Viena, Austria          | Sin especificar                  | travesías         |
| 1929 | A. Peppler           | Karlsruhe, Alemania     | Sin especificar                  | travesías         |
| 1933 | E. Reichel           | Berlín, Alemania        | 13°C (centro-periferia)          | sin especificar   |
| 1936 | Middleton y Millar   | Toronto, Canadá         | 18°C (centro-periferia)          | travesías         |
| 1947 | W. Balchin y N. Pye  | Bath, Inglaterra        | Inversiones térmicas             | sin especificar   |
| 1950 | A. Sundborg (***)    | Upsala, Suecia          | Método de cálculo de temp.       | 200 travesías/año |
| 1954 | Duckworth y Sandberg | 3 ciudades de E.U.      | Sobre distrib. vertical de temp. | travesías         |
| 1968 | R. Bornstein         | Nueva York, E.U.        | Sobre distrib. vertical de temp. | Helicóptero       |

(\*) Este dato es el único no perteneciente a la publicación citada de Jáuregui, es de Tejeda (2003: 166). (\*\*) Primer estudio con travesías. (\*\*\*) Con los datos obtenidos Sundborg desarrollo una fórmula empírica para calcular las diferencias térmicas de acuerdo con diversos parámetros meteorológicos.

En su mayoría, los resultados de estos trabajos son datos numéricos relativos a la diferencia de temperatura entre el campo y la ciudad u otros aspectos parciales no generalizables a ámbitos diferentes a los de las investigaciones respectivas, pero que en conjunción con estudios posteriores sí permitieron las conclusiones de Oke de 1982, que fueron confirmadas por trabajos correspondientes a las dos décadas subsiguientes de acuerdo al riguroso informe de la revisión realizada por Arnfield (2003). Esas conclusiones, que en parte están incluidas en las características de la ICU presentada previamente, se presentan a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2. Características generales de las ICU, confirmadas por Oke

- La intensidad de la ICU decrece con el incremento de la velocidad del aire
- La intensidad de la ICU decrece con el incremento de las nubes
- La intensidad de la ICU es más grande durante condiciones anticiclónicas
- La intensidad de la ICU está mejor desarrollada en el verano o mitad cálida del año
- La intensidad de la ICU tiende a incrementarse con el incremento del tamaño de las ciudades o población.
- La intensidad de la ICU es más grande en la noche
- La ICU puede desaparecer en el día o la ciudad puede ser más fría que el ambiente rural
- Porcentaje de calentamiento y enfriamiento son mayores en el campo que en la ciudad

Confirmación de las generalizaciones de Oke según la revisión de investigaciones empíricas de las dos últimas décadas anteriores al 2000 realizada por Arnfield (Este autor presenta una relación de las investigaciones que respaldan cada una de las conclusiones, 2003)

Sin embargo, se han encontrado excepciones a estas generalizaciones. Para Kuwait la isla de calor urbano está pobremente desarrollada a diferencia de Phoenix, Arizona, en un clima similar; esta diferencia se explica en términos de forma de la ciudad y localización específica de la primera en el Golfo de Arabia. Se han encontrado máximas intensidades de ICU para días soleados en Saskatoon en comparación con condiciones claras y en calma. Igualmente se ha encontrado patrones inusuales de isla de calor, como mayor intensidad de ésta en primavera y otoño, la cual también se ha encontrado para invierno; Reykiavik, Islandia, muestra una tendencia negativa para intensidades de ICU en verano y solamente débil desarrollo en otros tiempos del año; de la misma manera, desde 1920 en Praga se ha detectado un mayor crecimiento de la isla de calor en invierno y primavera que en verano (Arnfield, 2003).

En regiones tropicales, diferencias entre invierno y verano han probado ser menos significantes que los contrastes entre las estaciones húmedas y secas. Para Ibadan y para la Ciudad de México, se ha encontrado un mayor efecto de isla de calor en estaciones secas que en las húmedas; una conclusión es que se debe a la gran admitancia térmica en el ambiente urbano durante tiempos en los que el suelo está húmedo. Igualmente, para Guadalajara, México, se han encontrado islas de calor negativas en los días lluviosos (Arnfield, 2003:17).

### **1.1.3. Métodos utilizados en los estudios de las ICU**

Los métodos usados para describir la ICU durante las pasadas dos décadas (1980-2000) no difieren significativamente de las empleadas previamente. Ejemplos de esos métodos son: estudios de las tendencias históricas por medio de una simple estación; comparación de las tendencias históricas en una o más estaciones urbanas y una o más estaciones rurales; estudios estadísticos de las diferencias urbano rurales basadas en un par de estaciones o grupo de estaciones; comparación de los registros de una red de estaciones fijas dentro y alrededor de una ciudad; mediciones a través de transeptos en un área urbana; y observaciones días laborales-fines de semana (Arnfield, 2003:15).

Más recientemente han surgido algunos otros métodos, como la simulación por modelos a escala, los modelos numéricos y la percepción remota. El método de percepción remota atienden principalmente al estudio del calentamiento de la superficie y no del aire, y aunque existe una relación entre uno y otro las bases para explicarla no están completamente desarrolladas. Los otros dos métodos requieren conocimientos muy especializados.

#### 1.1.4. Naturaleza de la isla de calor

Las ICU son una respuesta a los cambios en la geometría de la superficie, tipos de materiales y composición atmosférica de las ciudades, aspectos que serán tratados como las variables independientes en la explicación de las diferencias de la temperatura del aire urbano.

#### 1.1.5. El balance de energía de una ICU

El balance energético de una superficie comprende todos los intercambios de energía. Incluye flujos radiantes, onda corta (K) y onda larga (L), flujos turbulentos sensibles ( $Q_h$ ) y latentes ( $Q_e$ ) con la atmósfera, así como la energía almacenada o devuelta por terreno ( $\Delta Q_s$ ). Un concepto adicional que debe ser considerado en un establecimiento urbano es el calor añadido por las actividades humanas ( $Q_f$ ). Sin embargo, con pocas excepciones,  $Q_f$  es un pequeño componente del balance energético. Lo anterior queda expresado en la siguiente ecuación:

$$Q^* + Q_f = Q_h + Q_e + \Delta Q_s \text{ (IAUC 2004).}$$

En otros términos:

$$Q^* = K_{\downarrow} - K_{\uparrow} + L_{\downarrow} - L_{\uparrow} = K^* + L^*$$

La radiación neta ( $Q^*$ ) está compuesta de radiación entrante ( $\downarrow$ ) o saliente ( $\uparrow$ ), pudiendo ser radiadas o absorbidas. La radiación incidente puede ser proveniente del cielo o del terreno circundante.

$$L_{\downarrow} = L_{\downarrow \text{cielo}} + L_{\uparrow \text{terreno}} \text{ (IAUC 2004).}$$

La contribución de esas fuentes dependerá de su emitancia y el “factor de vista del cielo” (FVC) de las superficies<sup>2</sup>.

Cada término del balance energético será alterado en el ambiente urbano y contribuye a la formación de la ICU (Tabla 3).

Tabla 3. Causas sugeridas de isla de calor en la capa del aire a nivel de edificios.

| Términos del balance                     | Hechos urbanos               | Efectos urbanos                                |
|------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------|
| Incrementa $K^*$                         | Geometría del “cañón urbano” | Aumenta área de superficies y reflejo múltiple |
| Incrementa $L_{\downarrow \text{cielo}}$ | Contaminación del aire       | Gran absorción y reemisión                     |
| Decrece $L^*$                            | Geometría del “cañón urbano” | Reducción del SVF                              |
| $Q_f$                                    | Edificios y tráfico          | Adición directa de calor                       |
| Incrementa $\Delta Q_s$                  | Materiales de construcción   | Incrementa la admitancia térmica               |
| Decrece $Q_e$                            | Materiales de construcción   | Incrementa impermeabilidad                     |
| Decrece $(Q_e + Q_e)$                    | Geometría del “cañón urbano” | Reduce la velocidad del aire                   |

(IAUC 2004:16)

La ICU puede ser examinada como el resultado del enfriamiento diferencial de las superficies, determinado por porcentajes de intercambio radiante y de calor almacenado.

### 1.1.6. El estudio de las alteraciones térmica en ciudades de México

En la República, la ciudad en la que se han realizado más estudios de climatología urbana es México. Jáuregui (1971) presenta los resultados de un trabajo basado en travesías en automóvil realizadas en los años de 1968 y 1969, midiendo en 80 puntos de la ciudad con termómetros de mercurio en dos horarios diferentes de la estación seca. Como resultado encontró que en diversas condiciones meteorológicas la temperatura del aire aumenta de la periferia hacia el centro de la ciudad. Las diferencias térmicas más acentuadas, de 4 a 5 °C, se encontraron en las noches despejadas y con aire en calma, características de las estaciones secas. En estas condiciones la pérdida de calor por radiación nocturna es más marcada en el campo abierto de los alrededores que en la ciudad, que se

<sup>2</sup> FVC, es el porcentaje de la bóveda celeste que queda al descubierto para un punto o los puntos de una superficie.

encuentra cubierta por la nube de impurezas que absorbe y reirradia el calor desprendido por sus superficies.

El método de estudio por medio de transeptos, que desde luego descubre la existencia de las diferencias de la distribución térmica en la ciudad, requiere de varias travesías para lograr una descripción aceptable del fenómeno estudiado. Mientras más exactitud se requiera, mayor será el número de recorridos necesarios. Un ejemplo es el Sundborg citado previamente (Tabla 2), que con 200 travesías formuló un algoritmo para predecir las diferencias térmicas campo-ciudad en función del número de habitantes o el tamaño de la superficie urbana, para ciudades europeas.

Jáuregui (2000) por medio del estudio de los datos de máximas y mínimas de un período de 30 años de las estaciones existentes en el Valle de México, encontró que las diferencias de las temperaturas mínimas entre la planicie de la cuenca y el centro de la ciudad eran de 8° a 9°C. Tanto en el caso del estudio de 1971 como en éste, Jáuregui asocia la evolución de las diferencias térmicas con el crecimiento de la ciudad, por la simple comparación de la temperatura de diferentes épocas con el crecimiento urbano en cada una de ellas.

En un estudio de clima urbano realizado en la ciudad de Puebla en 1998 y 1999 se utilizaron cinco estaciones automáticas fijas y datos de travesías en automóviles realizadas durante los años de 1997 y 1998, así como datos procedentes del Observatorio de la UAP y del S.M.N.

La metodología empleada, se dividió en dos partes, la primera examina los aspectos relevantes del ámbito regional y local de acuerdo con las condiciones físicas que influyen o determinan el clima en las diferentes escalas propuestas por el modelo; la segunda, organiza y evalúa los elementos del clima (temperatura, intensidad y dirección del viento, precipitación, etc.), en función de las características del medio urbano, la topografía local o las condiciones sinópticas, ajustándose al propósito de encontrar concordancias o relaciones que permitan establecer, en un primer nivel de aproximación, las causas que originan las anomalías de los elementos considerados (Balderas y otros, 1999: 2)

Como resultados Balderas y otros reportan que las variaciones térmicas guardan una relación directa con las características del medio construido, específicamente con la densidad de construcción. Las diferencias en zonas que antes eran grandes se han reducido hasta en 6 grados C si se compara con un

estudio que se realizó en 1970. Las mayores temperaturas se concentran en la parte central de la ciudad con desplazamientos ocasionados por la acción del viento y sólo desaparece por un intervalo corto por las mañanas. También se detectó una variación estacional de la isla de calor, la cual es más intensa en la estación seca.

Con base en la revisión de estudios de climatología de ciudades de México, Tejeda (2004) reporta que la mayoría de éstas de más de 100 mil habitantes no cuentan con estudios de calentamiento urbano, y presenta algunos resultados de aquellas en las que sí se han hecho.

Tejeda (2004: 170) menciona la detección por Jáuregui de islas de calor de ciudades como Puebla, Acapulco, Guadalajara, Monterrey y Veracruz. Esos estudios utilizan datos históricos de estaciones fijas para constatar la existencia de las diferencias térmicas campo-ciudad.

Con esos datos, relacionados con los crecimientos de población, Jáuregui determinó que las tendencias térmicas de las ciudades de más de 100 mil habitantes en México, en las últimas tres décadas, andan entre 0.3 y 1.0 °C/década. Para la ciudad de Guadalajara, la más estudiada después de la ciudad de México, Tejeda (2004) reporta que el incremento de la temperatura media es de 0.5°C/década, a lo largo del siglo XX.

Jáuregui también encontró que hay una relación logarítmica entre la población y la intensidad máxima de la isla de calor para Puebla, Monterrey, Acapulco, Guadalajara y México:

$$\Delta T_{u\text{-máxima}} = 2 \log_{10} P - 8^{\circ}\text{C}; \quad (P = \text{población})$$

Para la ciudad de Xalapa, Tejeda (2004) reporta una isla urbana coincidente con el centro histórico. El estudio fue realizado mediante análisis de registros de termómetros colocados sobre las azoteas de edificios. La intensidad promedio de esa isla fue de 1.5 °C en 1998. Sin embargo, las variaciones altimétricas de la ciudad dificultan la comparación de lo encontrado, con respecto a otros sitios.

En la ciudad de Mérida, nuestro sitio de estudio, se realizó una investigación titulada “Comportamiento Térmico de la Ciudad de Mérida” (Canto y Pérez, 2002) con el cual se tuvo un acercamiento al conocimiento de las

características de las alteraciones de la distribución de la temperatura en esta ciudad. Éste estudio aunque mostró la existencia de ICU con los patrones comunes de comportamiento, también planteó incógnitas a las que no se pudo dar respuesta debido a los alcances de la investigación.

El trabajo se realizó utilizando datos históricos del Observatorio meteorológico de la CONAGUA, de cinco estaciones climatológicas y mediciones durante dos travesías en automóviles. Las conclusiones obtenidas son las siguientes: se detectó la presencia de mayor concentración del calor en el centro y en la zona de sotavento, poniente de la ciudad, y mayor temperatura después de haberse registrado las máximas del día, lo cual sucede alrededor de las 14:00 horas; por el contrario, las menores temperaturas tienden a presentarse en la periferia, excepto al poniente de la ciudad.

## 1.2. EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO Y CONFORT TÉRMICO

En esta sección se fundamentan los criterios para definir el parámetro de evaluación de la temperatura del aire del medio urbano que influye en las condiciones térmicas de los interiores de los edificios. Aunque algunos resultados de esta investigación puedan ser aplicables a otras áreas, es importante tener en cuenta que el interés surge en el campo del diseño arquitectónico porque es un conocimiento necesario para lograr el bienestar térmico.

Es a partir de los años 20 del siglo pasado cuando los investigadores de las ciencias de la ingeniería y edificación realizaron esfuerzos para definir científicamente los parámetros fisiológicos y psicológicos del confort (zona de confort)<sup>3</sup> para procurarlo a través de las tecnologías de calefacción y aire acondicionado. El empleo de estos recursos para lograr condiciones “ideales” en los espacios interiores paradójicamente es de gran preocupación por los efectos del alto consumo energético en los espacios exteriores, como la contaminación,

---

<sup>3</sup> La “Zona de Confort” fue definida por Houghton y Yaglou en 1923 y especifica el clima “ideal” basado en mediciones fisiológicas (Chabbpells, H. y Shove, E. 2004:8)

aceleración del calentamiento global, además del rápido consumo de las fuentes de energía no renovable.

Como una alternativa para el diseño arquitectónico, en 1953 Víctor Olgyay, colaborando con Yaglou, produce la “carta bioclimática” que utiliza la zona de confort de Houghton y Yaglou y sobrepone en ella zonas de igual confort sobre un extendido rango de condiciones ambientales. La carta fue la base de diseño climático descrito en el libro de Olgyay de 1963 “Design with Climate”, que apropiándose de una de las herramientas metodológicas del acondicionamiento térmico por métodos activos, la utiliza como sustento importante de los pasivos.

Pero tanto la zona de confort adoptada por Olgyay, como otras que han surgido de diversos estudios, presentan limitaciones en sus rangos de aplicabilidad que es necesario conocer antes de usarlos como parámetros de evaluación de los ambientes térmicos.

Para el propósito de este trabajo dividiremos en dos grupos los modelos utilizados en el estudio de la percepción térmica y determinación de los parámetros para su evaluación: los de laboratorio, cuyos resultados se sustentan en la simulación de las condiciones reales, y los de campo que formulan condiciones variables de confort en función de la marcha normal del tiempo.

### **1.2.1. Modelos de laboratorio**

Se basan principalmente en estudios de simulación de espacios, corporal, matemática, etc. para investigar el efecto de diferentes variables en la percepción térmica. En términos generales, en este tipo de enfoques las personas son tomadas en cuenta como sujetos pasivos del intercambio térmico del cuerpo y el medio ambiente, y se caracterizan por determinar condiciones de confort invariables o que varían poco en condiciones diferentes de tiempo y lugar. A continuación se agrupan dos tipos principales de modelos de laboratorio.

Los modelos empíricos de laboratorio, sustentados en respuestas obtenidas tras la aplicación de cuestionarios de sensación en situaciones térmicas controladas, como los de Houghton y Yaglou, Missenard, etc. Entre los índices

más importantes de estos modelos tenemos la Temperatura Efectiva (TE), Temperatura operativa (TO), etc.

El otro tipo importante de modelos lo constituyen los racionales. Estos utilizan diferentes recursos como las encuestas, cámaras climáticas, uso de cuerpos humanos con instrumentos que miden sus reacciones, modelos del cuerpo humano, simulación matemática, etc.; entre estos estudios tenemos los de Givoni, Gagge, Fanger, etc. Ejemplos de los índices de confort resultantes de estos modelos son: el Índice de Esfuerzo Térmico (ITS), la Temperatura Efectiva Estándar (SET) y el Voto Promedio Medio y el Porcentaje Predicho de Insatisfacción (PPD Y PPD), etc. (las siglas son del inglés).

En los primeros estudios teóricos (estudios empíricos en cámaras controladas, como el de Houghton y Yaglou) el propósito se limitaba a la estimación del efecto combinado de la temperatura, humedad y velocidad del aire con la sensación subjetiva de calor de sujetos en descanso o en actividades sedentarias. Con el tiempo se determinó la importancia de la temperatura radiante sobre todo en fábricas, aunque también en edificios residenciales; más adelante el efecto de la tasa metabólica, ropa y finalmente radiación solar. Mientras los primeros índices se relacionaban con la sensación térmica, los posteriores apuntaron a estimar respuestas fisiológicas del efecto combinado de los factores climáticos y trabajo, particularmente la respuesta de la tasa de sudoración (Givoni, 1976:75).

Los avances progresivos en diferentes aspectos parciales involucrados y de la tecnología permiten hoy en día hacer complejos cálculos que posibilitan la simulación cada vez más exacta del funcionamiento termofisiológico del cuerpo humano y el intercambio térmico entre éste y su ambiente. Las investigaciones en torno al balance térmico proporcionaron las bases para experimentos fisiológicos que han sido usados para desarrollar estándares técnicos que definen condiciones de confort en la práctica actual, como los de Fanger de 1970 y Nevins y Gagge de 1972 (Chabbpells, H. y Shove, E. 2004).

El modelo de Nevins y Gagge adaptado por John Pierce fue la base fundamental del Estándar 55 de la ASHRAE, pero actualmente lo es el de Fanger,

como también lo ha sido de la International Standards Organization (ISO) 7730. Este modelo de Fanger o del Voto Promedio Medio (PMV, por sus siglas en inglés) es, al parecer, el más difundido y utilizado internacionalmente, especialmente por los ingenieros de acondicionamiento artificial de edificios.

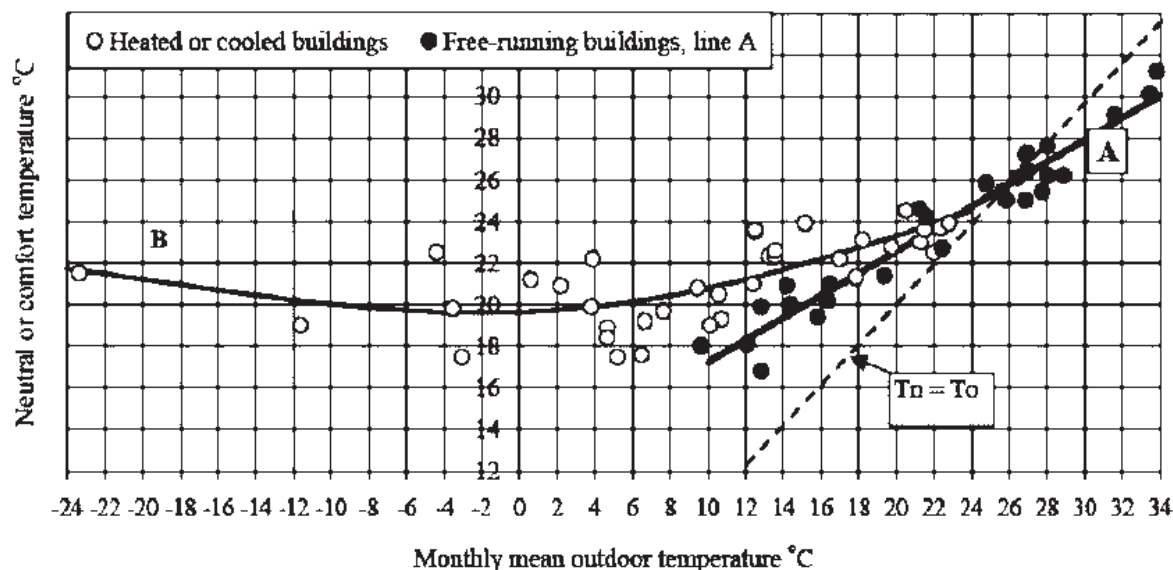
El modelo de Fanger se basa en la teoría de la transferencia de calor en estado sedentario y fue calibrado con base en las sensaciones térmicas de un elevado número de estudiantes estadounidenses, durante una serie de estudios en cámaras climáticas. Las variables requeridas son la temperatura del aire, promedio de la temperatura radiante, velocidad del aire, humedad, tasa metabólica, y el aislamiento de la ropa.

En esos dos modelos, el de Fanger y el de Nevins y Gagge, se reconoce la temperatura interna del cuerpo y las propiedades físicas de la piel como los principales factores que afectan el confort y la sensación de temperatura causado por el ambiente. Ambos predicen, a través de la condición de la superficie corporal, las respuestas fisiológicas al ambiente y usan esos valores para estimar el confort. Para ello se ha relacionado mediciones de las condiciones térmicas o de humedad de la piel, hechas previamente en cámaras controladas, con encuestas relativas a la sensación subjetiva de los individuos, identificadas en una escala de frío a caliente que se presenta más adelante (Tabla 4).

Como se mencionó, es larga la lista de los modelos teóricos del estudio de la percepción térmica y de las condiciones de confort cuya validez ha sido probada para ciertas condiciones en cámaras controladas, como los revisados por Givoni (1976) o los de Gagge, adaptados por Pierce, y los de Fanger que han sido revisados, entre otros, por Arens (1988).

Por otro lado, existen pruebas contundentes de que estos modelos teóricos no se ajustan a la realidad cuando sus predicciones son comparadas con la percepción manifestada por gente en actividades cotidianas en edificios reales. Estas pruebas están representadas en la Gráfica 1, de 1978 de Humphreys (Nicol, F. y Humphreys, M. 2002), en la que se muestra la correlación de la variabilidad de las condiciones de temperatura con respecto a la percepción de confort manifestada por usuarios de edificios evaluados en sitio. Con ello se desmiente la

invariabilidad y universalidad de parámetros de percepción térmica postulada por los estudios de laboratorio y por estándares derivados de ellos.



Gráfica 1. Cambio en la temperatura de confort determinado por cambios en la temperatura promedio mensual del aire. Cada punto representa el valor promedio de una inspección. La gráfica es de Humphreys, 1978. Los edificios están divididos en dos tipos: los que usan calefacción o enfriamiento activo y los que usan ventilación natural. Un estudio posterior, de Humphreys y Nicol de 2000, utilizando una base mundial de datos de investigaciones de confort de la ASHRAE, mucho más amplia, muestra resultados similares (Nicol y Humphreys, 2002) como puede verse más adelante en la Figura 6b.

En la Gráfica 1 se puede apreciar una clara división entre la apreciación de gente en edificios con acondicionamiento natural y los que son acondicionados artificialmente. La relación en los primeros fue cerradamente lineal y para los segundos la relación fue mucho más compleja.

### 1.2.2. Modelos de campo o adaptativos

Para la evaluación del ambiente térmico de las edificaciones, estos modelos se basan en estudios empíricos realizados en campo y son llamados adaptativos debido a que los parámetros de percepción térmica que de ellos se obtienen son incluyentes de los impactos potenciales de adaptación fisiológica o del comportamiento, tal como ocurre en la realidad.

El método para determinar las condiciones térmicas de un espacio consiste en preguntar a los ocupantes de edificios que forman parte del estudio, durante

sus actividades cotidianas, sus sensaciones térmicas en una escala subjetiva de frío a caliente (Tabla 4). Esta evaluación es generalmente conocida como el voto de confort. Las variables ambientales son medidas al mismo tiempo que las reacciones subjetivas. El interés es generalmente encontrar una temperatura o un rango de temperaturas y otras variables ambientales en las que la gente encuentra confort. Puesto que la meta evaluar una condición típica no se debe interferir en las condiciones cotidianas o en el modo de vestir, de tal manera que se pueda tomar en cuenta aquel margen de condiciones que influyen en la percepción, sobre las cuales pueden intervenir los usuarios.

#### 1.2.2.1. El voto de confort

La sensación subjetiva de calor o confort térmico de los sujetos ha sido medida tradicionalmente usando una escala de siete puntos, de las cuales la de la ASHRAE y la de Bedford son de las más conocidas:

Tabla 4. Escalas subjetivas de evaluación de las condiciones térmicas

| ASHRAE        | ESCALA DE BEDFORD                | EN ESPAÑOL (propuesta) | VALOR |
|---------------|----------------------------------|------------------------|-------|
| Hot           | Much too warm                    | Caliente               | +3    |
| Warm          | Too warm                         | Caluroso               | +2    |
| Slightly warm | Comfortably warm                 | Ligeramente caluroso   | +1    |
| Neutral       | Comfortable neither warm or cool | Neutral                | 0     |
| Slightly Cool | Comfortably cool                 | Ligeramente fresco     | -1    |
| Cool          | Too cool                         | Fresco                 | -2    |
| Cold          | Much too cool                    | Frío                   | -3    |

A la sensación expresada por los sujetos encuestados, según la escala usada, se le asigna el valor de la última columna y ese número es llamado el voto de confort.

El propósito de las encuestas en las que se usan estas escalas de valores es contabilizar el porcentaje de votos coincidentes para diferentes condiciones térmicas y así relacionar las sensaciones probables de un grupo de personas con los ambientes en los que se repiten las mismas condiciones.

Además de la variabilidad de las condiciones de confort en función de condiciones ambientales mostradas en la Gráfica 1 de Humphreys, los modelos de laboratorio presentan inexactitudes cuando son usados en estudio de campo para

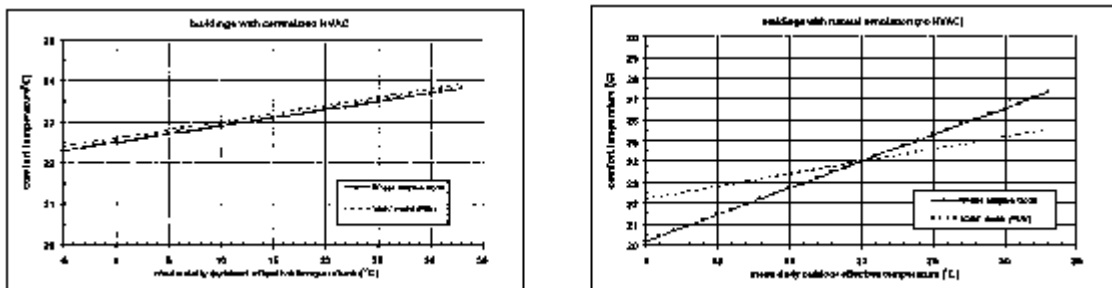
predecir el confort térmico de las personas. Suficientes evidencias de ello están contenidas en la base de datos del proyecto RP-884 de la ASHRAE que tuvo como propósito desarrollar un estándar adaptativo de confort como parte del estándar 55. En su realización De Dear y otros (1997) recogieron un gran número de estudios de campo para formar una base de datos que consta de 20,000 votos de confort individuales, con las mediciones correspondientes del ambiente térmico. Quince equipos independientes de investigación contribuyeron con los datos obtenidos en varias estaciones y de varios países (Australia, Canadá, Grecia, Indonesia, Pakistán, Singapur, Tailandia, UK, y Estados Unidos), identificados en la Figura 2. Los registros describen el ambiente en 160 edificios, la mayoría oficinas y algunos edificios de industria ligera (Humphreys y Nicol, 2002). Esta base de datos puede ser consultada por medio de internet.



Figura 2. Sitios del mundo de donde proviene la base de datos del proyecto RP-884 de la ASHRAE (Brager y otros, 1997)

Entre otras acciones se utilizó la base de datos para comparar el voto de confort de los ocupantes de los edificios evaluados en el proyecto RP-884

respecto de las predicciones del modelo de Fanger<sup>4</sup>. Se encontró buena aproximación entre las predicciones de confort del PMV en edificios con aire acondicionado (Gráfica 2a) pero muy mala para edificios con ventilación natural (Gráfica 2b) (De Dear, y otros, 1997).



Gráficas 2a y 2b. Comparación del modelo de Fanger con la realidad. Condiciones de neutralidad determinada en estudios de edificios reales, del proyecto RP-884, y los cálculos hechos con el modelo de Fanger. La gráfica de la izquierda corresponde a edificios acondicionados artificialmente (2a) y la de la derecha a edificios con acondicionamiento natural (2b) (De Dear, y otros 1997)

Con el propósito de incluir la humedad y la temperatura radiante, en el eje de las abscisas se utiliza la temperatura efectiva (TE); puesto que es diferente a la de Houghton y Yaglou utilizaremos el símbolo  $TE^*$  para diferenciarlas. La  $TE^*$  se calcula usando el modelo “2-Node” que determina el flujo de calor entre el ambiente, las áreas de la piel y núcleo del cuerpo en principio de minuto a minuto; comenzando de una condición inicial de tiempo = 0, el modelo interactúa hasta que el equilibrio ha sido alcanzado en 60 minutos. De Dear y otros (1997) la definen como la temperatura operativa (TO) de una cámara con 50% de humedad relativa el cual puede causar el mismo intercambio de calor sensible más latente que el de una persona en un ambiente actual. A su vez, la temperatura operativa es la temperatura uniforme de una imaginaria cámara en la cual un ocupante puede intercambiar la misma suma de calor por radiación más convección que en el ambiente actual no uniforme.

La conclusión de De Dear es que el método de Fanger (representativo de los modelos de laboratorio) predice temperaturas de confort con razonable exactitud

<sup>4</sup> Por extensión ésta comparación sería válida para otros modelos de laboratorio que han demostrado acierto en sus predicciones en las condiciones controladas y afinidad con los resultados del PMV.

en la mayoría de los edificios acondicionados artificialmente, pero falla significativamente en los acondicionados naturalmente.

### 1.2.3. Elección de modelo para el cálculo de las condiciones de confort

Una de las primeras propuestas para el cálculo de las condiciones de confort basada en estudios de campo fue la de Humphreys de 1975, quien revisó 36 investigaciones de varios países del mundo, encontrando una fuerte dependencia estadística de la neutralidad térmica ( $T_N$ ) con el nivel promedio de la temperatura del aire y la de globo ( $T_i$ ) registradas en los edificios, expresada con la ecuación:

$$T_N = 2.56 + 0.831T_i \quad (1)$$

(Coeficiente de correlación de 0.96)

En 1978, Humphreys introduce la correlación entre temperatura neutral y temperatura media exterior del aire ( $T_m$ ), con diferencias entre los edificios ventilados naturalmente y los que tienen acondicionamiento artificial. Con un coeficiente de correlación de 0.97, la ecuación para edificios con condicionamiento pasivo es:

$$T_N = 11.9 + 0.534T_m \quad (2)$$

Para edificios con aire acondicionado, con un coeficiente de correlación de 0.56, la ecuación es:

$$T_N = 23.9 + 0.295(T_m - 22) \exp(-((T_m - 22)/(24\sqrt{2}))^2) \text{ (}^\circ\text{C)} \quad (3)$$

Por su parte Auliciems en 1981, depurando la base de datos de Humphreys y combinando estudios de edificios con ambos tipos de acondicionamiento, propone:

$$T_N = 0.48T_i + 0.14T_m + 9.22 \quad (4)$$

#### 1.2.3.1. Ecuaciones resultantes del proyecto RP-884 de la ASHRAE

Como resultado del proyecto RP-884 de la ASHRAE, De Dear y otros (1997) encontraron las correlaciones que se relacionan a continuación.

Con respecto a la temperatura del aire, utilizando la base de datos de Auliciems (que forma parte del proyecto RP-884):

$$T_N = 0.19(T_m) + 19.0 \quad \text{Para edificios con aire acondicionado} \quad (5)$$

$$T_N = 0.52(T_m) + 12.3 \quad \text{para edificios con ventilación natural} \quad (6)$$

$$T_N = 0.31(T_m) + 17.6 \quad \text{para la combinación de los dos tipos de edificios} \quad (7)$$

Respecto a la temperatura operativa (TO), con un coeficiente de correlación de 0.68

$$T_N = 12.93 + 0.44(TO) \quad (8)$$

Respecto a la temperatura efectiva (TE\*):

$$T_N = 22.6 + 0.04(TE^*_{\text{exterior}}) \quad \text{para edificios con aire acondicionado} \quad (9)$$

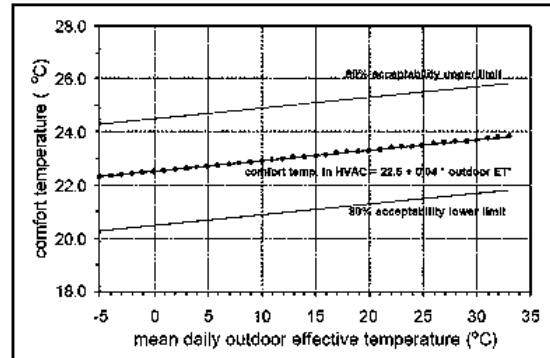
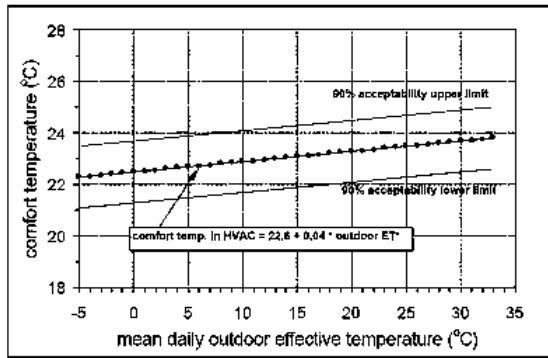
El rango de confort para este tipo de edificios es  $T_N \pm 2^\circ$  para 80% de la gente y  $T_N \pm 1.5^\circ$  para el 90%

$$T_N = 18.9 + 0.255(TE^*_{\text{exterior}}) \quad \text{para edificios con ventilación natural} \quad (10)$$

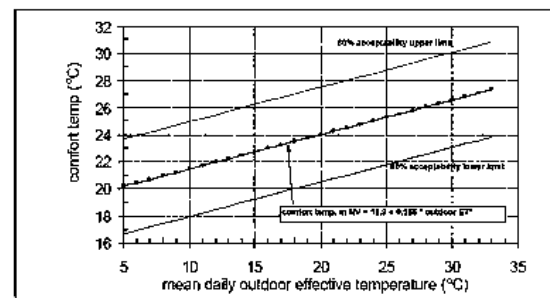
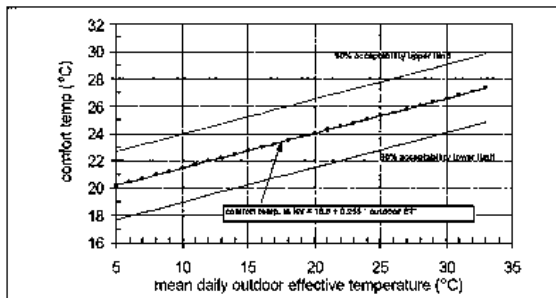
El rango de confort para este tipo de edificios es  $T_N \pm 3.5$  para 80% de las personas y  $T_N \pm 2.5$  para 90 %.

#### *1.2.3.2. Ecuación seleccionada en este trabajo para el cálculo de las condiciones de confort*

Las ecuaciones 9 y 10, determinadas en el proyecto RP-884 para integrar el estándar adaptativo de confort, tiene como variable independiente la TE\* con el propósito de incluir el factor humedad comúnmente implícito en los modelos de laboratorio. Debido a la facilidad de uso de un índice con una sola variable, esas ecuaciones no son las finalmente presentadas en la revisión última para la integración del estándar 55 de la ASHRAE, ni son las escogidas como parámetros de evaluación en este trabajo, pero es importante tenerlas en cuenta desde el punto de vista científico, puesto que su desestimación, en el caso de ASHRAE, se debió a criterios de índole práctico, necesarios en la estandarización, entre muchos otros factores, para propiciar su aceptación por parte de los usuarios. Las curvas de neutralidad y rangos de confort correspondientes a las ecuaciones 9 y 10 están incluidos en las gráficas 3a, 3b, 4a y 4b.



Gráficas 3a y 3b. La zona y límites de confort óptimos para edificios con aire acondicionado.  $N_t = 22.6 + 0.04 (TE^*_{\text{exterior}})$ . Rango para un nivel de 80% de aceptabilidad (a), y para un 90% (b) (De Dear y otros, 1997).



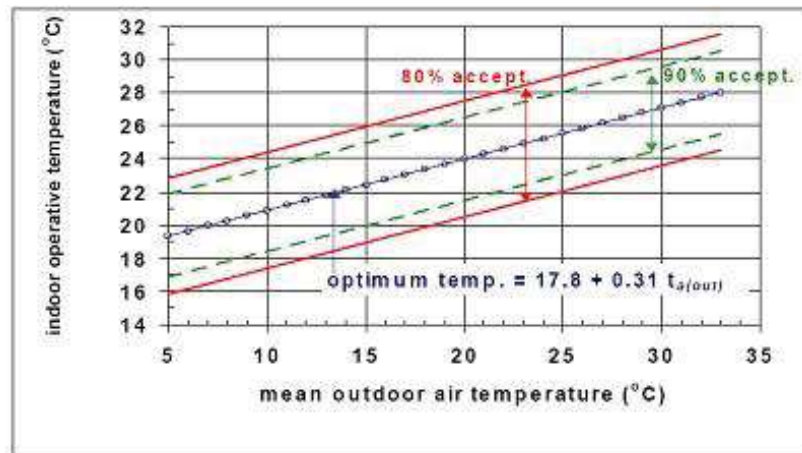
Gráficas 4a y 4b. La zona y límites de confort óptimos para edificios ventilados naturalmente.  $N_t = 18.9 + 0.255(TE^*_{\text{exterior}})$ . Para un nivel de 80% de aceptabilidad (a), y para un 90% (b) (De Dear y otros, 1997).

Brager, G. y De Dear, R. (2001) presentaron a revisión un algoritmo para formar parte del estándar adaptativo de confort para edificios con ventilación natural que no fue resultante directa del proyecto RP-884, aunque sí derivado de la base de datos del mismo. En vez de la formula basada en la nueva temperatura efectiva, se presentó otra basada en la simple temperatura media mensual del aire, que es casi exacta a la ecuación 7, esto es,  $T_N = 0.31(T_m) + 17.6$  determinada con los datos de Auliciems para edificios con ambos tipos de acondicionamiento, pero en este caso con los datos de ASHRAE, y los resultados son sólo para edificios acondicionados naturalmente, la ecuación de Brager es:

$$T_N = 0.31(T_m) + 17.8 \quad \text{para edificios acondicionados naturalmente} \quad (11)$$

Para edificios con aire acondicionado se utilizará el método de cálculo del PMV para valores previamente asignados de aislamiento de la ropa, nivel de

actividad, velocidad de aire y humedad. Esa fue la propuesta aprobada finalmente el estándar 55-2004 (Gráfica 5).

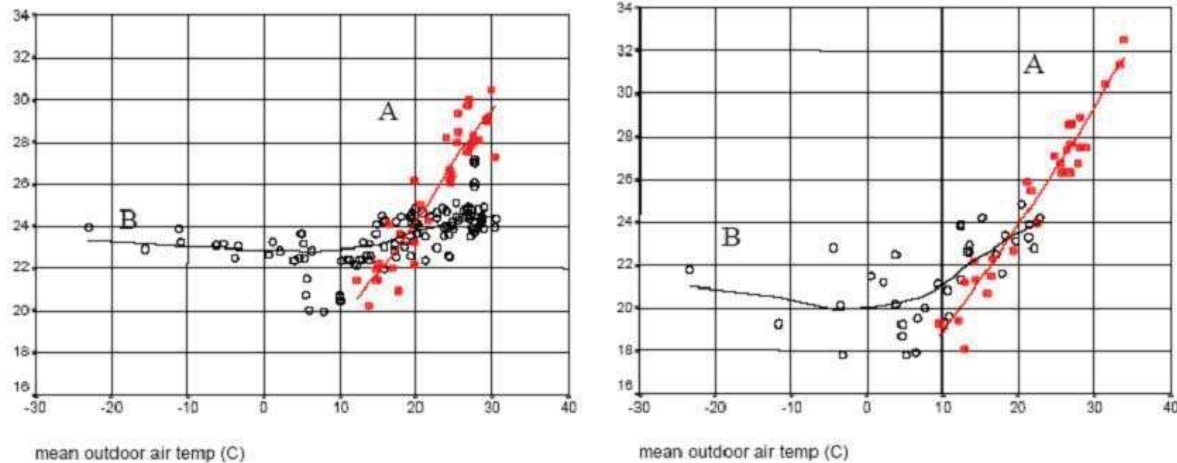


Gráfica 5. Rangos aceptables de temperatura operativa para espacios acondicionados naturalmente. Los niveles de actividad de 1.0 a 1.3 met (met = unidad de actividad metabólica); personas a la sombra; Velocidad del aire .203 m/s. La temperatura operativa es el promedio de la temperatura del aire y la temperatura radiante (De Dear, 1999:8).

Por su parte Humphreys y Nicol (2002), también utilizando los datos ASHRAE hacen un planteamiento interesante reenfocando el manejo de esa información. En vez de tomar como unidad de análisis los edificios, como sucede en el trabajo de De Dear (1997), utilizan a los ocupantes mismos, reduciendo al máximo la acumulación de errores. En Nicol y Humphreys (2002) se plantea que para edificios ventilados naturalmente la relación entre temperatura de confort ( $T_N$ ) y temperatura exterior es marcadamente estable (gráficas 6a y 6b); la parte derecha nos muestra la comparación entre la correlación encontrada en 1978 y la izquierda las encontradas con los datos de la ASHRAE. La ecuación es:

$$T_N = 13.5 + 0.54 \cdot T_m \quad (12)$$

El rango de confort para edificios es  $= T_N \pm 3.5$  para 80% de la gente y  $T_N \pm 2.5$  para el 90%.



Gráficas 6a y 6b. Temperaturas de confort como una función de las temperaturas exteriores. Para edificios acondicionados naturalmente (6a) y artificialmente (6b). La gráfica de la izquierda fue elaborada utilizando la extensa base de datos de la ASHRAE, y la de la derecha originalmente fue elaborada por Humphreys en un estudio de 1978 (Nicol, F. y Humphreys, M. 2002:50).

Aunque la variable independiente para calcular el ambiente de confort térmico es simplemente la temperatura del aire, como ellos mismos asientan, ésta es claramente una función de más que eso, ya que el aislamiento de la ropa también depende de la temperatura exterior, como también el uso de los controles del edificio, así como la postura y la tasa metabólica para una actividad dada. Es la retroalimentación entre el clima y las acciones adaptativas lo que indica que solamente la temperatura exterior necesita ser considerada en situaciones reales en edificios reales (Nicol y Humphreys, 2002).

Por estas razones se ha escogido la ecuación 12 como parámetro de evaluación de las condiciones térmicas en este trabajo.

Por otra parte, como diferentes estudios concluyen que los modelos de laboratorio son ineficaces para determinar las condiciones confortables en los edificios acondicionados naturalmente, pero que para evaluar los acondicionados artificialmente el PMV es el adecuado, éste será el que se usará en tales casos.

Cabe aclarar que, en términos generales, este trabajo se enfoca principalmente a edificios acondicionados naturalmente; los habitados o por habitarse por la gente que por economía no tiene acceso al aire acondicionado y requiere de un buen diseño para propiciar la menor necesidad del acondicionamiento activo o para no padecer calor.

### 1.3. APUNTES RELATIVOS A LA REVISIÓN DE CONCEPTOS ACERCA DE LA CLIMATOLOGÍA Y EL CONFORT

La climatología urbana describe la variabilidad de la temperatura del aire en las ciudades y la relaciona con la estructura de las condiciones atmosféricas determinada por el intercambio térmico. Precisamente, este trabajo tiene como objetivo caracterizar la temperatura de la capa que se encuentra a partir del nivel del suelo hasta la altura promedio de las azoteas en toda la ciudad. Ésta se considera integrada por un mosaico de zonas térmicas que permiten, por medio de un estudio de casos representativos debidamente distribuidos, lograr un cuadro de nuestro objeto de estudio.

La revisión de conceptos relativos al confort nos ha llevado a la elección de un modelo derivado de estudios de campo para determinar un índice mensual de confort para la evaluación de las condiciones del ambiente térmico. Se trata de un modelo de Humphreys que por medio de una ecuación simple calcula el índice a partir de los promedios mensuales de temperatura.

---

## **2. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

Las actividades más generales que se realizaron para cumplir con los objetivos, las preguntas y la hipótesis de esta investigación son: un análisis urbano para elegir las estaciones de medición; la organización y comparación de los datos medidos con apoyo en tablas, gráficas y mapas térmicos; el cálculo de datos representativos del medio urbano con base en los obtenidos con el monitoreo y el historial del Observatorio Meteorológico de la CONAGUA; el cálculo de un índice de confort y con éste la evaluación de las condiciones térmicas urbanas; finalmente, el análisis de la relaciones entre distribución de la temperatura del aire en la ciudad en relación a las características urbanas. A continuación se describen los procedimientos específicos seguidos.

### **2.1. PASOS PARA LA IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO**

Como se vio en el primer capítulo, durante el proceso de diseño arquitectónico se requiere el conocimiento de las condiciones térmicas en los diferentes momentos del día y en las distintas épocas del año del sitio en el que se ubicará la obra. Por tal motivo, se hicieron mediciones de temperatura del aire durante doce meses, con estaciones fijas e instrumental automatizado distribuido en diversos puntos del área urbana.

Para la realización de las mediciones se dividió la ciudad de Mérida en zonas denominadas Zonas Térmicas Urbanas (ZTU) por medio de un proceso de identificación y clasificación basado en inspecciones in situ, en material documental y en imágenes satelitales. La división en ZTU tuvo como propósito generalizar los resultados de una zona a otras homólogas.

Para determinar las ZTU se analizaron las características de la ciudad que de acuerdo con la climatología alteran el balance energético y, por tanto, las condiciones atmosféricas, particularmente la temperatura del aire. Los aspectos que se toman en cuenta en la definición son la geometría urbana, esto es, dimensiones de los edificios y los espacios entre ellos, el ancho de las calles y su espaciamiento; la cobertura urbana, que se refiere a construcciones, pavimentación, vegetación, suelo desnudo, agua; finalmente, el metabolismo urbano, que es el calor, agua y contaminación debida a la actividad humana.

Un ejemplo de ZTU son las áreas centrales de las ciudades, en donde hay edificios relativamente altos y contiguos entorno a las manzanas; el suelo está cubierto con construcciones y pavimentos de materiales imperecederos como piedra, concreto, ladrillo y asfalto, y donde puede ser importante la cantidad del calor que escapa de equipos eléctricos y vehículos. Fuera del área central encontramos zonas con diferente densidad de construcción y diferente desarrollo; zonas con grandes jardines y superficies irrigadas, etc. Estas características se relacionan con su distancia al área central, su antigüedad, el grupo social que las habita, etc.

## 2.2. PASOS PARA LA ELECCIÓN DE LOS SITIOS DE MEDICIÓN

Las mediciones se hicieron en diversos puntos del área urbana procurando abarcar zonas con diferentes emplazamientos y características, por ejemplo: zonas en los cuatro extremos cardinales; en el centro de la ciudad y a diferentes distancias con respecto a éste, y zonas surgidas en diferentes períodos históricos.

Asimismo, se siguió la estrategia de ubicar estaciones donde se pudiesen registrar datos que representasen, de manera amplia, las condiciones térmicas de la zona y de sus homólogas. Previendo así la posibilidad de tener una caracterización de la distribución de la temperatura y humedad de toda la ciudad, concebida como un mosaico de ZTU.

La elección de los sitios y posición de los instrumentos se adaptaron a la necesidad de seguridad de éstos, a los recursos disponibles y a los criterios propuestos por Tim Oke (2004) en “Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites”.

### 2.3. ACERCA DE LAS MEDICIONES

La capa atmosférica estudiada es la que se encuentra comprendida entre el suelo y el nivel promedio de las azoteas, que es de 6 m para la zona centro y 3 m para las restantes. Se tuvo el propósito de medir a cada hora sin interrupciones, durante los períodos climáticos característicos que, en nuestro caso de estudio, son tres diferentes: fresco, aproximadamente de diciembre a febrero; calido seco, marzo a mayo; y cálido húmedo, de junio a noviembre.

Oke plantea que la observación del clima urbano es imposible siguiendo las guías oficiales que la WMO<sup>5</sup> determina para la observación general del clima, debido a que difícilmente se pueden cumplir en las ciudades los lineamientos establecidos para la ubicación de estaciones y colocación de instrumentos, ya que entre otras cosas prescribe evitar la obstrucción del flujo del aire y alteraciones por el intercambio de radiación con edificios, árboles, cubrimientos artificiales e intercambio de calor y vapor de agua de las actividades humanas.

Cada sitio presenta un reto único. Para asegurar observaciones significativas se requiere cuidadosa atención a ciertos principios y conceptos que son virtualmente únicos para las áreas urbanas. Esto también requiere que las personas establezcan y pongan en funcionamiento la estación aplicando esos principios y conceptos en una manera inteligente y flexible, que sea sensible a la realidad del ambiente envolvente específico. Reglas rígidas tienen poca utilidad. La necesidad de flexibilidad va ligeramente contra la noción general de estandarización que es promovida como práctica de observación de la WMO. En áreas urbanas algunas veces es necesario aceptar exposición sobre superficies y alturas no estándares, para diferenciar observaciones entre dos o más

---

<sup>5</sup> World Meteorological Organization.

lugares, o para estar más cerca que lo usual de edificios o pérdidas exhaustivas de calor (Oke 2004: 1) [traducción del autor de esta tesis]

Parte del legado de la estandarización es que muchas estaciones urbanas son colocadas sobre pasto corto en lugares abiertos (parques, campos de juego, etc.). Como resultado, las condiciones medidas no son representativas de las urbanas. El principal criterio para la instalación de sensores en la capa atmosférica estudiada es su localización de tal manera que registren condiciones representativas de cada zona. Los porcentajes de coberturas del suelo son una guía clara para la recomendación de la superficie sobre la cual colocar los instrumentos (o la estación). El requerimiento más obvio que no puede encontrarse en muchos sitios urbanos, si se siguen los mismos requerimientos que se usan para medir las condiciones naturales, es el de la distancia a obstáculos.

En estaciones no urbanas la altura recomendada del protector de temperatura radiante es de 1.25 a 2 m sobre nivel de suelo. Aunque este requerimiento es también aceptado para sitios urbanos, puede ser funcionar mejor si se flexibiliza al permitir mayores alturas. Esto no debe conducir a errores significativos en la mayoría de los casos, especialmente en áreas de construcciones densas. Las observaciones en cañones urbanos muestran ligeros gradientes de temperatura del aire arriba de 1 m sobre la superficie. Variaciones en alturas de 3 a 5 m son pequeñas con respecto a las medidas en alturas estándar (Oke, 2004).

#### 2.4. PASOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO ZONAL Y GENERAL DE LA CIUDAD DE MÉRIDA

Una vez hecha la recolección de datos se procedió a su sistematización y procesamiento por medio de tablas, gráficas y mapas lo cual permitió hacer un análisis de las características térmicas zonales y de toda la ciudad, obteniéndose tablas de distribución horaria de temperaturas con sus máximas medias y mínimas.

Con los datos recolectados y con ayuda del historial del Observatorio Meteorológico de la CONAGUA se hizo un cálculo de datos que pueden tomarse

como representativos de la ciudad, lo cual se ejemplifica con más detalle en el capítulo cinco. Conjuntamente con esta acción se realizó una comparación entre los datos de campo, los datos representativos y los datos del Observatorio, para determinar las posibles alteraciones de las mediciones de este último.

Con los datos representativos se calcularon los índices de confort para evaluar las condiciones térmicas de la ciudad y determinar si las alteraciones de temperatura deben tenerse en cuenta en el diseño arquitectónico.

Los mapas de distribución térmica se realizaron con técnicas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), para lo cual se utilizó el software Arcview. Los pasos seguidos fueron: georeferenciar las estaciones, vincularlas con los registros y, por medio del software, graficar las isocurvas de temperatura.

## 2.5. MÉTODO PARA EL ESTABLECIMIENTO DE CORRELACIONES ENTRE CARACTERÍSTICAS URBANAS Y ALTERACIONES TÉRMICAS

Las ZTU se delimitaron de acuerdo con el análisis de los parámetros morfológicos de la ciudad que determinan las diferencias térmicas: estructura, coberturas, fábrica y el metabolismo urbano.

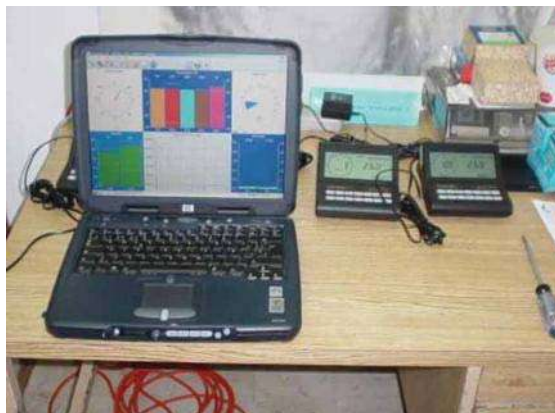
En lo que se refiere a la estructura urbana, la relación entre el alto de los edificios con respecto al ancho de las calles determina la cantidad de sombreado y porcentaje de suelo cubierto por superficies artificiales. Éste es importante tanto por las características físicas de los materiales como por la permeabilidad del suelo con respecto al agua y a la radiación solar.

La determinación de las ZTU se realizó por inspección in situ y por el análisis visual de imágenes satelitales. La cuantificación de superficies cubiertas se hizo por medio de la técnica de clasificación supervisada utilizando imágenes satelitales y el software Erdas especializado en sistemas de información geográfica.

La evaluación de los porcentajes de superficie fue realizada respecto de una zona determinada por un radio de 500 m en torno a la estación, que es el área de cobertura de la misma de acuerdo a la propuesta de Oke (2004: 8 y 13).

## 2.6. EL INSTRUMENTAL

El instrumental utilizado es automatizado excepto el del observatorio meteorológico de la CNA que es analógico. El intervalo de medición fue de una hora. Se utilizó equipo de dos tipos: estaciones compactas de medición de múltiples variables como son viento, temperatura, humedad, lluvia y presión atmosférica marca Davis (figuras 3 y 4), y dataloggers marca Onset, tipo hobo, para registrar solamente temperatura y humedad del aire (figuras 5 y 6). En el caso de las Instituciones que proporcionaron sus propias lecturas, la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Yucatán (FIUADY) emplea instrumental Davis y el Observatorio emplea instrumental manual Lambrecht (figura 5).



Figuras 3 y 4. Instrumental utilizado. A la izquierda se encuentran cuatro estaciones automáticas, portátiles e inalámbricas, marca Davis, que se utilizaron para medir múltiples variables; la foto corresponde al período en el que se compararon con el instrumental del Observatorio Meteorológico de la CNA. La foto de la derecha presenta dos pequeñas consolas receptoras de los registros de las estaciones y una computadora portátil para recoger y procesar la información generada.



Figuras 5 y 6. Comprobación del instrumental. La figura 5 muestra dos dataloggers de temperatura y humedad durante el período de comparación con los termómetros Lambrecht del observatorio meteorológico de la CONAGUA y la figura 6 la comparación de los dos primeros comparándose con los restantes que se utilizaron en esta investigación.

### 2.6.1. Características de los Data Logres Hobo marca Onset

Rango de operación:  $-20^{\circ}\text{C}$  a  $70^{\circ}\text{C}$

Exactitud:  $(\pm)0.7^{\circ}\text{C}$  a  $21^{\circ}\text{C}$  y  $(\pm)0.8^{\circ}\text{C}$  a  $0^{\circ}$  y  $45^{\circ}\text{C}$

Resolución:  $0.4^{\circ}\text{C}$  a  $21^{\circ}\text{C}$  y  $0.45^{\circ}\text{C}$  a  $0^{\circ}\text{C}$  y a  $45^{\circ}\text{C}$

Tiempo de respuesta: 15 minutos

#### *Protector contra la energía radiante*

Todo el instrumental fue protegido de la radiación solar, montado a una altura entre 1.30 y 3.00 m, y a una distancia mayor de 1.00 m de las superficies verticales (figuras 7 y 8).



Figura 7. Protección del instrumental. Protección simbólica de los datalogger “huésped” en las pantallas de Stevenson de la CNA, para evitar la curiosidad de otros usuarios de la estación.



Figuras 8 y 9. Protección contra la energía radiante. A la izquierda una pantalla de Stevenson. Utilizada en las estaciones de la CNA para filtrar el aire y bloquear la energía radiante. A la derecha un protector de energía radiante de los dataloggers Onset.

### **2.6.2. Comparación del instrumental**

Todo el instrumental utilizado fue comparado con el del Observatorio Meteorológico de Superficie de la CNA, Mérida. Para ello se instalaron en los terrenos de esta dependencia dos sensores Onset tipo Hobo y cuatro estaciones Davis. Los primeros por un período de dos semanas y los otros por un período de 40 días. Para comparar el instrumental restante, tanto los propios como los de las otras instituciones, se utilizó por un período de dos semanas uno de los sensores Onset comparado previamente en el Observatorio. Todos los registros fueron concentrados en hojas digitales de cálculo del software Excel, y comparados estadísticamente.

Hasta diciembre de 2004 se comparaba cada dos meses el instrumental. En un principio algunos de los instrumentos hobo presentaron fallas e incluso dejaban de funcionar definitivamente, pero se llegó a la conclusión que sellándolos dejaba de ocurrir.

---

### **3. RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS**

En este capítulo se describe el contexto en el que se ubica el fenómeno estudiado, especialmente los factores y características del clima natural que se modifica en la ciudad, así como las condiciones urbanas que lo modifican. Se describe el proceso de selección de los sitios de medición y sus características, los tipos de instrumentos utilizados en cada uno de ellos, el período monitoreado, el proceso de sistematización de los registros y la base de datos obtenida.

#### **3.1. EL CONTEXTO**

##### **3.1.1. Aspectos geográficos**

La ciudad de Mérida, capital del Estado de Yucatán, se encuentra ubicada en la Península de Yucatán, en la República Mexicana. Sus coordenadas geográficas son 20° 59' latitud norte y 89° 39' longitud oeste. La distancia a la costa es de 36 a 38 km hacia el norte, 100 km hacia el oeste y 330 km hacia el este (figuras de la 10 a la 12).



Figura 10. Ubicación de la Península de Yucatán (Google Earth, 2004).



Figuras 11 y 12. Ubicación de la ciudad de Mérida en la Península de Yucatán. A la izquierda, su distancia a la costa; a la derecha, un acercamiento a la mancha urbana (Google Earth, 2004).

Mérida y el mayor porcentaje del estado de Yucatán se encuentran sobre terreno prácticamente plano, con muy ligeras ondulaciones. Su altura media es de 9 m sobre el nivel del mar y no existen ríos, lagos, ni otro tipo de cuerpos de agua.

#### 3.1.1.1 Clima

El clima del estado pertenece, exceptuando una parte de la costa, al grupo de climas definidos por Köppen como A, tropicales lluviosos, con temperatura media del mes más frío mayor de 18° C. Específicamente se trata de climas Aw, que Köppen designa como “clima de sabana”, pero que García, E. (1973) denomina “clima caliente subhúmedo con lluvias en verano”, puesto que en la mayoría de los lugares de México que tienen este tipo de clima la vegetación no es de sabana

sino de selvas altas o bajas y frecuentemente más o menos caducifolias. El tipo climático Aw se divide en  $Aw_0$ ,  $Aw_1$  y  $Aw_2$  del menos al más lluvioso.

De acuerdo con la autora, el tipo de clima A de Köppen:

... se extiende a lo largo de las vertientes mexicanas de ambos mares. En la del Pacífico desde el paralelo 24° norte hacia el sur y abarca desde el nivel del mar hasta una altitud de unos 800 ó 1000 m. Por el lado del Golfo de México comprenden desde el paralelo 23° norte hacia el sur a lo largo de la llanura costera y de la base de los declives correspondientes de la Sierra Madre Oriental y de las montañas del norte de Chiapas; se encuentran también, en la mayor parte de la península de Yucatán, así como en algunas zonas interiores, tales como la Cuenca del Balsas y la Depresión Central de Chiapas en donde se extienden hasta una altitud de 1300 m (García 1973:13), (figuras 13 y 14).



Figura 13. Mapa de climas de la República Mexicana. En naranja y azul oscuro están representados los climas cálidos y húmedos, en rosa y amarillo los secos; y en dos tonos de verde los templados.

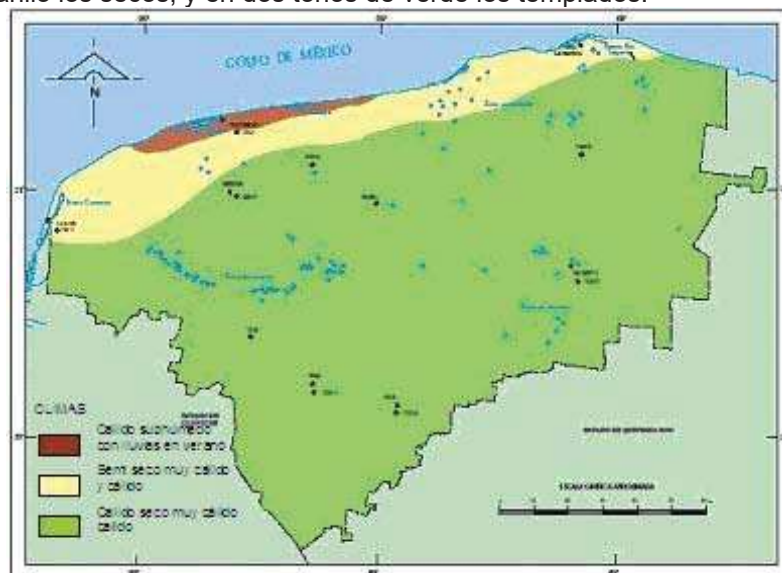


Figura 14. Mapa de climas del estado de Yucatán (INEGI, 2004)

Para la ciudad de Mérida, según el Instituto de Geografía:

El tipo de clima según el sistema Köppen, modificado por García: "aw<sub>o</sub>"ig. "Cálido, con temperatura media anual de 25.9° C, es el subhúmedo de menor humedad con cociente precipitación/temperatura de 35.0; con régimen de lluvias de verano y presencia de canícula; isothermal, 5.0° C de diferencia en temperatura entre el mes más frío y el mes más caliente que es mayo, el cual registra en promedio 28.1° C. La gráfica ombrotérmica muestra 5 meses lluviosos que van de junio a septiembre y 7 meses secos" (Instituto de Geografía, 1986: 67).

### 3.1.1.2. Vegetación

La vegetación abundante es una característica común en el trópico húmedo y en general es un factor decisivo en las condiciones térmicas de un sitio. Mientras los materiales como asfalto y concreto con los que se construye la ciudad almacenan la energía del sol para luego liberarla, la vegetación amortigua su impacto sobre los materiales y la utiliza en sus procesos de evapotranspiración con lo que refresca el ambiente.

En el caso de la zona en la que se ubica la ciudad de Mérida dentro de la Península de Yucatán, la vegetación del campo es vegetación secundaria, semejante a la selva baja caducifolia, y prácticamente el 100% tira el follaje en la época seca del año. Por ello, se presentan dos aspectos estacionales contrastantes, el color gris o café de la época de secas y el verde brillante de la época lluviosa (figuras 15a y 15b).

En este segundo caso, la vegetación es densa con árboles o arbustos de hasta 8 ó 10 m de altura. Los árboles presentan troncos retorcidos y delgados; la mayoría de ellos tienen un diámetro menor a los 10 cm que se ramifican a corta altura, casi desde la base; entre los más comunes se encuentran la *Acacia gaumeri* (box kaatsim), *Acacia pennatula* (chimay), *Mimosa bahamensis* (sak kaatsim), *Havardia albicans* (chucum), *Gymnopodium floribundum* (tsiitsil che), etc. Su período de floración empieza a finales de la época de sequía, cuando están sin hojas.



Figuras 15a y 15b. Ejemplos del tipo de vegetación del entorno rural de Mérida en la estación seca y en la húmeda.

El tipo de vegetación urbana es un tanto diferente. Está compuesta de especies que en buen número han sido adoptadas y no necesariamente están sujetas a los ciclos climáticos naturales marcados por las lluvias, debido a que tanto en los espacios públicos como privados puede haber riego ocasional o periódico. En la ciudad existe vegetación de tipo perennifolio como el laurel (*Ficus Nitida*) o el ramón (*Brosimum Alicastrum*) o caducifolia como el Flamboyán (*Delonix Regia*) o la lluvia de oro (*Laburnum Anagyroides*).

De acuerdo con el Atlas de los Procesos Territoriales de Yucatán (UADY, 1999), toda la denominada Península de Yucatán constituye una de las 17 provincias florísticas de la República Mexicana y su vegetación se clasifica en tres tipos principales: selvas, humedales y vegetación secundaria.

La vegetación predominante en la zona en la que se ubica la ciudad de Mérida es secundaria, es decir, la que aparece después de una perturbación. La influencia humana sobre la vegetación puede ser altamente destructiva. Generalmente, las formas de aprovechamiento de los recursos vegetales y la transformación de la vegetación son las más dañinas y han cambiado el aspecto de la península durante los últimos 30 años. Ganadería intensiva y extensiva, agricultura tecnificada (azúcar, arroz, etc.) turismo masivo junto con urbanización, contaminación y agricultura tradicional, son los fenómenos que dan paso a la presencia de una vegetación secundaria como consecuencia de la destrucción parcial o total de la primaria. (UADY, 1999:187)

### 3.1.2. Aspectos sociales y urbanos

La ciudad de Mérida tiene una dinámica rápida de crecimiento: tan sólo de 1970 al año 2000 la ciudad creció de 6,308 a 17,280 has. y su población

debió crecer, según proyecciones realizadas en 1999 con datos hasta de ese año, de 241,964 a 662,000 personas; esto es, que en 30 años la ciudad casi triplicó la superficie ocupada a lo largo de su historia, así como su número de habitantes.

Tabla 5. Crecimiento de la población de Mérida y de su superficie

| Año  | Habitantes     | Porcentaje de la población estatal | Superficie | Densidad (en hab/ha) |
|------|----------------|------------------------------------|------------|----------------------|
| 1970 | 241,964        | 31.9                               | 6,308      | 38.40                |
| 1980 | 424,529        | 39.9                               | 8,321      | 51.00                |
| 1990 | 556,819        | 40.8                               | 13,522     | 41.17                |
| 1995 | 649,770        | 41.9                               | Sin datos  | Sin datos            |
| 2000 | 662,000 aprox. | 42.5                               | 17,280     | 40.70                |

Fuente: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática 1997. Carta Municipal de Mérida, México; Dirección de Desarrollo Urbano del Municipio de Mérida, 2001 (en: Ayuntamiento de Mérida, 2001-2004, 2003, p.63)

En la actualidad, la mayor parte de la ciudad está delimitada por el anillo periférico que es más alargado en el sentido norte sur sobre el que mide 16 km aproximadamente, mientras que en la dirección este oeste mide cerca de 12 km (Figura 16).

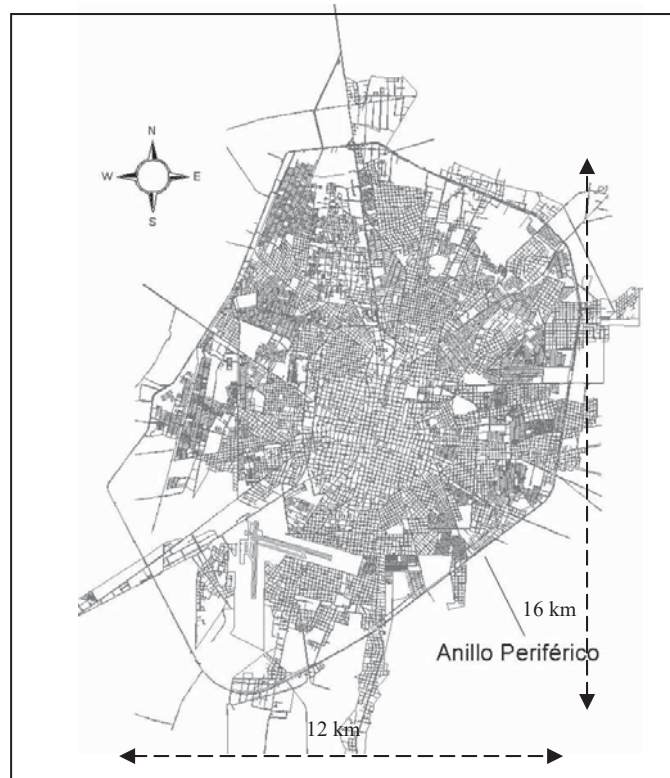


Figura 16. Mapa de la ciudad de Mérida.

Mérida ha crecido horizontalmente. Sus edificios son de uno a dos pisos y los pocos relativamente altos (el mayor tiene 57m) no se encuentran en una misma zona como para que en conjunto tengan algún efecto en las condiciones térmicas de los espacios exteriores que la conforman.

La morfología de la ciudad es semejante a la de muchas otras ciudades de la república con pasado colonial. La traza en el centro y los barrios vecinos es ortogonal, con calles orientadas de acuerdo a los ejes cardinales -aunque con un desplazamiento de 17 grados hacia el noreste- y las manzanas tienden a ser cuadradas, aunque de tamaño variable.

La traza original se extendió con algunas irregularidades en toda el área que data de la época del virreinato, pero fue alterándose en épocas posteriores en la medida que crecía hacia partes cada vez más alejadas del centro. Muchas de las colonias y fraccionamientos que se construyeron, principalmente en la segunda mitad del siglo XX, se edificaron de forma irregular y sin planificar su integración con el resto de la ciudad.

En el centro, histórico desde la conquista española, se ubicaron los primeros edificios para el equipamiento. Posteriormente, se dio una concentración de construcciones para los sectores de salud, administración pública, cultura, recreación y templos religiosos. Asimismo, en esta parte central se ubicaron terminales de transporte urbano, suburbano y foráneo que incrementaron el tránsito vehicular, público y privado. El tipo de las construcciones de la zona es compacto, de mampostería, alineadas a la vía pública y la relación de sus alturas respecto del ancho de la calle es de las mayores del área urbana.

En el norte se ubica la vivienda residencial de los sectores de la población de más altos ingresos; es la zona de mayor consolidación y presenta la menor densidad habitacional puesto que los lotes son los de mayores dimensiones y mayores porcentajes de áreas verdes. En esta zona es grande la permeabilidad al flujo del aire entre las construcciones y a la humedad a través del suelo, y son pequeñas las alturas de las viviendas en comparación con la distancia respecto a las que se encuentran al otro lado de la calle.

Por el contrario, el sur se encuentra en proceso de consolidación, aunque en algunos de sus sectores la densidad de construcción ha aumentado sustancialmente. Es la zona donde habita la población de más bajos ingresos. La permeabilidad del terreno es variable, aunque alta, y son bajas las viviendas en

comparación con su distancia respecto a las que se encuentran en el lado opuesto de la calle.

La ciudad cuenta con dos zonas de industria y manufactura: el Parque Industrial Felipe Carrillo Puerto y el Parque de Industrias no Contaminantes. En la primera, más que plantas industriales se ubican mayoritariamente bodegas y almacenes, y en la segunda se han asentado diversas maquiladoras.

Los usos del suelo están resumidos en la Tabla 6 que se presenta a continuación.

Tabla 6. Cuantificación del uso del suelo en Mérida, 2001

| USO DEL SUELO     | HA               | %          |
|-------------------|------------------|------------|
| Área habitacional | 13,692.19        | 82         |
| Equipamiento      | 1,303.93         | 8          |
| Área industrial   | 1,642.41         | 10         |
| <b>Total</b>      | <b>16,638.53</b> | <b>100</b> |

Fuente: Dirección de Desarrollo Urbano, 2001 (en: Ayuntamiento de Mérida 2001-2004)

Del equipamiento urbano de la tabla, 2'696,000 m<sup>2</sup> son áreas públicas destinadas a áreas verdes (Servicios Públicos Municipales, 2001).

### 3.2. ELECCIÓN DE ZONAS TÉRMICAS REPRESENTATIVAS

El primer paso para la ubicación de las estaciones de medición de la temperatura del aire es dividir la ciudad en un mosaico de zonas térmicas urbanas (ZTU), clasificar éstas por grupos en función de características físicas comunes y escoger áreas, de al menos una representativa de cada grupo, para medir sus condiciones térmicas y generalizar los resultados a las restantes.

La clasificación se hizo con base en recorridos por la ciudad, analizando imágenes satelitales y revisando estudios urbanos. Se analizaron las características que alteran el balance energético y las condiciones atmosféricas, esto es: la geometría urbana que comprende dimensiones de los edificios y las distancias entre ellos, así como el ancho de las calles y la distancia entre ellas; la cobertura urbana que se refiere a construcciones, pavimentación, vegetación, suelo desnudo, agua; el metabolismo urbano que implica el calor y contaminación

debida a la actividad humana. A continuación se presentan los resultados de esta clasificación.

ZTU 1: abarca el área central, como también será llamada; surgió y se desarrolló durante el período colonial haciéndose cada vez más densa desde entonces hasta la fecha. En esta zona predominan los edificios entre medianeras, que presentan paredes gruesas y fachadas alineadas al límite de la vía pública; esto propicia que la relación alto del edificio entre el ancho de la calle sea mayor que en los otros sectores de la ciudad, debido a que en la formación de éstos los edificios se construyen remetidos respecto al alineamiento de la vía pública.

En esta zona 1, hay más áreas sombreadas pero mayor acumulación de la energía solar por la gran masa térmica de los materiales y la dificultad de repeler la energía por reflexión y restitución de onda larga, debido al obstáculo que presentan las construcciones cercanas. La permeabilidad está muy restringida, tanto de la filtración del agua a través del suelo –de la atmósfera al subsuelo o la evaporación del subsuelo hacia la atmósfera– como del flujo del aire entre el ambiente patio y el ambiente calle. (Figuras 17 y 18).



Figuras 17 y 18. ZTU 1, imágenes del Centro Histórico. A la izquierda, imagen satelital de una sección. A la derecha, imagen de una calle característica. La superficie que envuelve horizontal y lateralmente esta capa atmosférica es de materiales artificiales.

ZTU 2: área consolidada de acuerdo con el Programa de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Mérida 2003, ubicada principalmente al norte de la zona central (Ayuntamiento 2004-2001, Figuras 19 y 20). Presenta una baja densidad de construcción, puesto que está conformada por las colonias con los lotes más grandes de la ciudad y la mayor cantidad de áreas verdes. Es la zona donde habitan los

sectores de la población que tienen los más altos de ingresos. Aquí, la permeabilidad es mucha, tanto de la humedad a través del subsuelo, como del aire a través de los edificios; la cuantificación de los tipos de superficies se presenta en el capítulo 5, en donde se relacionan alteraciones térmicas con características urbanas.



Figuras 19 y 20. ZTU 2, Imágenes de la Colonia García Ginerés. A la izquierda, imagen satelital de un sector de la colonia. A la derecha, imagen de una avenida.

ZTU 3: área consolidada, también contigua a la zona central. Tiene mayor densidad de construcción que la ZTU 2 debido a que los lotes son de menor tamaño, pero sin dejar de propiciar la existencia de árboles; éstos son abundantes sobre todo en los patios de las viviendas. Esta zona se extiende al sur, oriente y poniente de la zona central. También es evidente la permeabilidad al aire y al agua (Figuras 21 y 22).



Figuras 21 y 22. ZTU 3, imágenes de la colonia Miguel Alemán. A la izquierda, un sector de la colonia. A la derecha, imagen de una calle de la misma.

ZTU 4: se encuentra en torno a las dos anteriores. Comprende fraccionamientos de relativa reciente creación, con lotes muy pequeños que dificultan la existencia de vegetación y que no cuentan con áreas verdes públicas importantes, dando

como resultado muy alta densidad de construcción y menor permeabilidad vertical y horizontal que en los casos anteriores (Figuras 23 y 24).



Figuras 23 y 24. ZTU 4, imágenes del fraccionamiento Juan Pablo II. A la izquierda, imagen satelital de un sector. A la derecha, fotografía de una calle del fraccionamiento.

ZTU 5: al igual que la zona térmica urbana 4, también se encuentran en torno a las zonas 2 y 3 y tiene como límite externo el anillo periférico. La diferencia con respecto a la zona 4 es que no la integran fraccionamientos promovidos por la empresa privada, sino que son colonias que se formaron siendo propiedad ejidal y posteriormente se regularizaron, dando como resultado lotes más amplios. Actualmente, estas zonas están en un proceso rápido de concentración de construcciones, por lo cual las inferencias que se hagan deberán revisarse en un futuro cercano. La permeabilidad horizontal y vertical es por ahora alta (Figuras 25 y 26).



Figuras 25 y 26. ZTU 5, imágenes del fraccionamiento Linda Vista. A la izquierda, imagen satelital de una sección del fraccionamiento. A la derecha, vista de una de sus calles.

ZTU 6: corresponde a la región urbana contigua al lado oriente del anillo periférico. Es la zona de la ciudad a barlovento, por lo que recibe el aire no alterado del medio natural. En el caso de Mérida, el viento proviene de la mitad norte-este-sur

de la rosa de los vientos. Es la zona con menor densidad de construcción y la permeabilidad horizontal y vertical es prácticamente igual a la del medio rural (Figuras 27 y 28).



Figuras 27 y 28. ZTU 6, en torno a la estación Gas Imperial. Imágenes de un sector urbano en el límite oriente de la ciudad. A la izquierda, imagen satelital. A la derecha, una imagen de superficie.

ZTU 7: correspondiente a la zona contigua al lado poniente del anillo periférico, es la zona a sotavento de la ciudad, por lo que recibe el aire alterado del medio urbano. Morfológicamente, sus características son prácticamente iguales a las de la ZTU 6. La diferencia es su posición respecto de la dirección de los vientos predominantes (Figuras 29 y 30).



Figuras 29 y 30. ZTU 7, planta Mérida III y su entorno. A la izquierda, imagen satelital. El círculo indica la ubicación de la estación. A la derecha, una imagen a nivel de peatón. El suelo está cubierto principalmente por arbustos y vegetación baja en época de lluvias.

ZTU 8: esta zona se encuentra apartada de la influencia urbana, con alteraciones mínimas de la naturaleza, aproximadamente a 5 km de Mérida, en posición donde no llega el viento que ha pasado previamente por ésta (Figura 31 y 32).



Figuras 31 y 32. ZTU 8, fraccionamiento la Ceiba. A la izquierda, una imagen satelital del sector, que se encuentra a 5 km al norte de la ciudad de Mérida. A la derecha una foto a nivel de peatón.

### 3.3. SELECCIÓN DE LOS SITIOS DE MEDICIÓN

En el marco metodológico se plantearon los criterios para la ubicación de las estaciones y colocación del instrumental, que se basan en la seguridad del equipo, la aprobación por parte de los propietarios de los predios seleccionados y en los planteamientos de Oke (2004) para la medición de las condiciones urbanas.

El criterio inicial fue registrar condiciones representativas de zona y no de la parcela en la cual se localizasen los instrumentos. A continuación se describe la aplicación de los criterios para la selección de los sitios.

#### 3.3.1. Aprovechamiento de los sitios de medición existentes

Algunas instituciones cuentan con estaciones de medición, por lo que se hizo una relación de los mismos y las gestiones ante las autoridades correspondientes para el aprovechamiento de su infraestructura. Las instituciones que realizan mediciones son la Fuerza Aérea, la CNA, la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán (FIUADY) y la planta eléctrica, de propiedad privada, Mérida III.

En el caso de la Facultad de Ingeniería y de la planta Mérida III, los instrumentos son digitales y automatizados. La CNA cuenta con 6 estaciones termopluviométricas y una estación meteorológica de superficie, pero sólo el instrumental de ésta fue aprovechado debido a que las termopluviométricas no

registran datos horarios de temperatura, sino solamente máximas y mínimas. Los registros de la estación meteorológica de superficie fueron los únicos no provenientes de instrumentos automatizados y digitales, por lo que resultó necesario capturarlos en hojas de cálculo para homologarlos con los registros de las estaciones restantes. De los seis sitios de la CNA, se aprovecharon las casetas de tres, para lo que se instalaron en ellas sensores automatizados pertenecientes a esta investigación.

En resumen, fueron seis los sitios de los que se aprovechó el instrumental o casetas de medición existentes: el instrumental de las estaciones Mérida III, ubicado en la ZTU 7; la FIUADY, en la ZTU 6 y el Observatorio, en la ZTU 5; las casetas de medición, con instrumental adquirido para esta investigación, de las estaciones CICY, en la ZTU 5, y Oficina Regional de la CNA y Emiliano Zapata, ambas en la ZTU 3.

### **3.3.2. Abarcar la mayor cantidad de zonas climáticas urbanas**

Otro criterio importante para la ubicación del instrumental era cubrir el mayor número posible de sitios con características diferentes. Ya se mencionaron estaciones que cubrían las ZTU 3, 5, 6 y 7. Entre éstos, está incluido el observatorio meteorológico, cuyos datos son los que comúnmente son utilizados en el diseño arquitectónico.

Para la ZTU 1, estación de mucha importancia por ser el área central, el sitio seleccionado para realizar las mediciones fue un terreno de propiedad privada, escogido porque presenta las características del ambiente de las calles del centro de la ciudad; es un terreno que atraviesa una manzana de calle a calle, su piso es de asfalto y sus edificios son de altura típica de la zona en ambos lados (Figura 33).



Figura 33. Estación Centro. Ubicada en la calle 59 entre 54 y 56. Los edificios del entorno tienen alturas promedio de 6 m de altura, están alineados a la vía pública sin jardines delanteros, conformando “cañones urbanos”; de tal manera tanto la envolvente horizontal como vertical son de material pétreo. El instrumental se encuentra a 1.15 m de altura sobre una losa de concreto a 2.15m de altura, acorde con la propuesta de Oke (2004:17) en “*Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites*”.

Las estaciones seleccionadas para hacer mediciones representativas de la ZTU 2 fueron una vivienda de la Colonia García Ginerés (Figura 34) y el jardín del frente del edificio de la Alianza Francesa de Mérida, que originalmente era una vivienda (Figura 35).



Figuras 34 y 35. Estaciones representativas de la ZTU 2. A la izquierda, la estación García Ginerés en la colonia del mismo nombre. A la derecha, la estación Colonia México, en terreno de la Alianza Francesa de Mérida. La foto de ésta es posterior a la investigación, por eso el protector del instrumental ya se ve y está en mal estado. La altura de los edificios en la zona es de 4 m en promedio y la de los árboles de 10 m. Los instrumentos están instalados en el jardín delantero de edificios que originalmente fueron casas habitación. Ambos equipos de medición se encuentran a 2.2 m de altura y a 2 y 3 m, respectivamente, del arroyo pavimentado de la calle.

En la ZTU 3, además de las dos estaciones ya mencionadas de la CNA, Oficina Regional de la CNA y Emiliano Zapata, se escogieron otros dos sitios de

medición: una gasolinera de la colonia Díaz Ordaz y una vivienda en la colonia Miguel Alemán (Figuras de la 36 a la 39).



Figuras 36 y 37. Estaciones de la ZTU 3. A la izquierda, la caseta de protección de la estación Gerencia Regional de la CONAGUA. A la derecha la de la estación Emiliano Zapata, ambas se encuentran a 1.0 m sobre la azotea. Se trata de colonias donde predominan viviendas de 2.5 m de altura en promedio.



Figuras 38 y 39. Otras estaciones representativas de la ZTU 3. A la izquierda, la estación Díaz Ordaz, ubicada en una gasolinera. A la derecha, la estación de la colonia Miguel Alemán, en el jardín que deja el remetimiento de la vivienda. El instrumento de ambas estaciones se encuentra a 2.2 m de altura y a 1.5 y 2 m de la vía pública. Se trata de dos colonias de casas habitación con mucha permeabilidad al aire en sentido horizontal y a la humedad a través del suelo. En los patios traseros existe bastante vegetación.

Para la ZTU 4, el área de fraccionamientos nuevos es de mucha densidad de construcción, con lotes pequeños y escasas áreas verdes. El sitio elegido para la medición de las variables térmicas representativas se ubica en el fraccionamiento Juan Pablo II, uno de los más populosos de la ciudad, en una clínica del Seguro Social (Figura 40).



Figura 40. Estación Juan Pablo II. Se encuentra en la colonia del mismo nombre. El instrumento se encuentra en el patio delantero del edificio a 2.2 m de altura y a 2.5 m de la vía pública. Los edificios de la zona son viviendas en su mayoría, con altura de 2.5 m en promedio.

Para la ZTU 5 se escogieron como estaciones de medición el Observatorio Meteorológico, una gasolinera de la colonia Linda Vista, otra al sur oriente frente al parque deportivo Kukulcán y una estación de la CNA que se encuentra en terrenos del Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán (CICY) al nororiente de la ciudad (Figuras de la 41 a la 44).



Figuras 41 y 42. Estaciones representativas de la ZTU 5. A la izquierda, la estación del Observatorio Meteorológico de la CNA, la única de la cual se obtuvieron datos de instrumentos analógicos manuales. A la derecha, la estación Linda Vista en terrenos de una gasolinera. En ambos casos se trata de zonas urbanas de poca densidad de construcción; la altura de los edificios es de es de 2.5 m de altura. El instrumental se encuentra a 2.0 y 2.2 m de altura, respectivamente. En el caso del instrumento de la derecha se encuentra a 1.2 m de una pared, acorde con la propuesta de Oke (2004:17) en *"Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites"*.



Figuras 43 y 44. También estaciones para mediciones representativas de la ZTU 5. A la izquierda, la estación Kukulcán en una gasolinera frente al parque deportivo Kukulcán. A la derecha, la caseta de medición del Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán (CICY). Se trata de zonas habitacionales de baja densidad de construcción, la segunda se encuentra en proceso rápido de densificación. Los edificios son de 3 m de altura en promedio, se encuentran separados y con bastante vegetación. La altura del instrumental es de 2.2 m y 1.6 m.

Con respecto a la ZTU 6, además de la estación que ya se encontraba en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma de Yucatán (FIUADY), se ubicaron otras tres: una en la compañía privada “PROSEY” al nororiente de la mancha urbana; otra en el terreno de la compañía “Gas Imperial” contigua al anillo periférico en el oriente de la ciudad, por donde vienen los vientos predominantes no alterados por las construcciones, y la tercera en un vivero de la SEDENA, completamente al sur de la mancha urbana (Figuras de la 45 a la 48).



Figuras 45 y 46. Estaciones de la ZTU 6. A la izquierda, la estación que ya existía de la FIUADY. A la derecha, la estación instalada en la compañía PROSEY. Estas estaciones se encuentran en el límite de la ciudad, en donde predominan las condiciones no urbanas. La colocación de los instrumentos responde a las condiciones de la zona; sus alturas son de 1.8 y 2.2 m de altura.



Figuras 47 y 48. ZTU 6. A la izquierda, la estación de la Compañía de Gas Imperial. A la derecha, la estación SEDENA, que en la foto contaba con instrumental Davis que fue cambiado por datalogger Onset. Estas estaciones también se encuentran en el límite de la ciudad en donde predominan las condiciones no urbanas. Las alturas de los instrumentos son de 2.5 m de altura.

En la ZTU 7 se usaron los datos de la estación ya existente de la Planta Eléctrica Mérida III (Figura 49).



Figura 49. Estación de medición existente en la ZTU 7, ubicada en terrenos de la planta de generación de energía eléctrica Mérida III, a la cual pertenece, en los límites de la ciudad, en donde predominan las condiciones no urbanas.

Como representativo de la zona 8 se escogió el patio delantero de una vivienda en el fraccionamiento campestre la Ceiba. No se cuenta con fotos de esa estación y ya no se tiene acceso al fraccionamiento. Se encontraba colocada en la calle de Anona 4 en la vivienda de la Sra. Catherine Piaget. Se trata de una zona no urbana a 5 km de la ciudad, con lotes grandes y sin bardas divisorias, con abundante vegetación. El instrumental era tipo Onset, igual al de la Figura 43, colocado a 2.2 m de altura. El piso está cubierto con pasto y la construcción se encuentra a 10 m de distancia.

En la Figura 50 se presenta la ubicación de las 19 estaciones que fueron utilizadas en este trabajo de investigación.

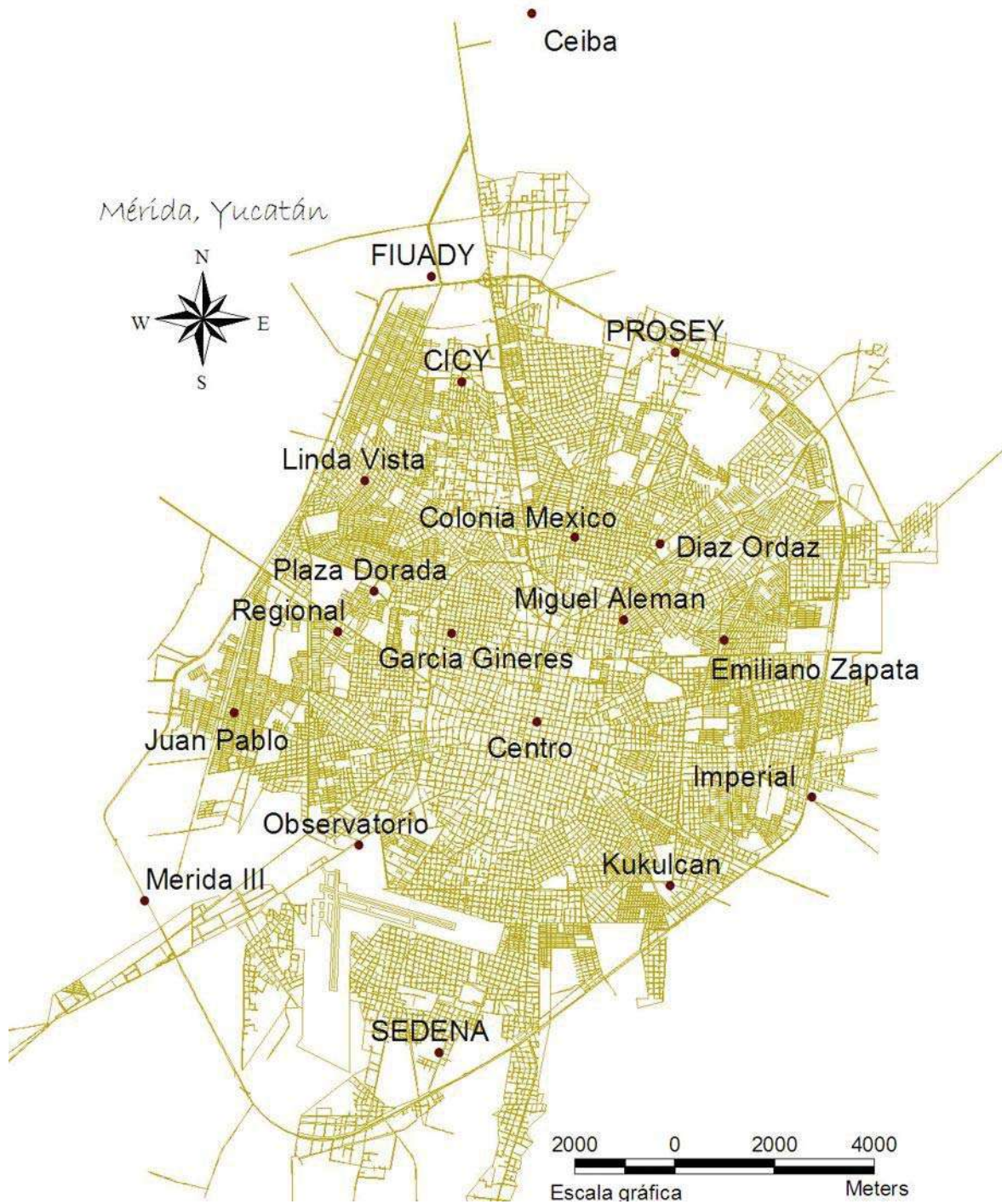


Figura 50. Plano de ubicación de todas estaciones en la ciudad de Mérida

La tabla 7 presenta una síntesis de las ZTU, las estaciones ubicadas en cada una de ellas y el tipo de instrumental correspondiente.

Tabla 7. Relación de instrumental de medición utilizado por estación y zona térmica urbana.

| ZTU   | ESTACIÓN     | DENSIDAD DE CONSTRUCCIÓN | DENSIDAD DE VEGETACIÓN | INSTRUMENTAL DE MEDICIÓN             |
|-------|--------------|--------------------------|------------------------|--------------------------------------|
| ZTU 1 | Centro       | Muy alta (66.3 %)        | Muy baja (30.4 %)      | Estación compacta, Davis instruments |
| ZTU 2 | G. Ginerés   | Media (36.6 %)           | Media (61.8 %)         | Datalogger temp. y H.R., Hobo Onset  |
|       | A. Francesa  | Alta (47.2 %)            | Baja (50.5 %)          | Datalogger temp. y H.R., Hobo Onset  |
|       | Díaz Ordaz   | Alta (49.4 %)            | Baja (47.8 %)          | Datalogger temp. y H.R., Hobo Onset  |
|       | Plaza Dorada | Muy alta (55.3 %)        | Muy baja (41.2 %)      | Datalogger temp. y H.R., Hobo Onset  |
| ZTU 3 | Regional CNA | Muy alta (56.9 %)        | Muy baja (40.9 %)      | Datalogger temp. y H.R., Hobo Onset  |
|       | E. Zapata    | Muy alta (58.0 %)        | Muy baja (38.5 %)      | Datalogger temp. y H.R., Hobo Onset  |
|       | M. Alemán    | Muy Alta (54.9 %)        | Muy baja (41.3 %)      | Datalogger temp. y H.R., Hobo Onset  |
| ZTU 4 | J. Pablo II  | Alta (50.0 %)            | Baja (48.5 %)          | Datalogger temp. y H.R., Hobo Onset  |
|       | Observatorio | Baja (30.8 %)            | Alta (67.5 %)          | De columna de mercurio, Lambrecht    |
| ZTU 5 | Linda Vista  | Media (41.4 %)           | Media (56.1 %)         | Datalogger temp. y H.R., Hobo Onset  |
|       | Kukulcán     | Media (38.2 %)           | Media (59.3 %)         | Datalogger temp. y H.R., Hobo Onset  |
|       | CICY         | Media (34.2 %)           | Media (63.1 %)         | Datalogger temp. y H.R., Hobo Onset  |
|       | PROSEY       | Muy baja (13.6 %)        | Muy alta (81.9 %)      | Estación compacta, Davis instruments |
| ZTU 6 | Imperial     | Alta (46.4 %)            | Baja (49.8 %)          | Datalogger temp. y H.R., Hobo Onset  |
|       | SEDENA       | Muy baja (17.1 %)        | Muy alta (80.3 %)      | Datalogger temp. y H.R., Hobo Onset  |
|       | FIUADY       | Baja (22.9 %)            | Alta (75.3 %)          | Estación compacta, Davis instruments |
| ZTU 7 | Mérida III   | Muy baja (9.0 %)         | Alta (74.6 %)          | Estación compacta, Davis instruments |
| ZTU 8 | La Ceiba     | Muy baja (9.7 %)         | Muy alta (90.3 %)      | Datalogger temp. y H.R., Hobo Onset  |

\* Las densidades reportadas en la tercera y cuarta columna son resultado de la cuantificación de los tipos de superficie que se describe en el Capítulo 7. La clasificación es resultado de dividir en 5 el total de superficie de cada estación “muy alta” = 80 a 100%, “alta de 60 a 80”, etc.

### 3.3.3. Dispersión estratégica en el área urbana

Se escogieron sitios de medición dispersos en el área urbana, abarcando todos los tipos de ZTU, buscando la representatividad global de la distribución de la temperatura. Igualmente fue importante ubicar estaciones en los cuatro puntos cardinales: al norte, estaciones FIUADY Y PROSEY; al este, la estación Gas Imperial; al sur, la SEDENA; al poniente, Mérida III. Al centro se ubicó la estación Centro. Las restantes se instalaron en la superficie intermedia entre el centro y el anillo periférico.

### 3.3.4. Seguridad de los instrumentos y autorización de propietarios o responsables de los predios

Era necesario medir el ambiente de la calle del medio urbano, pero a la vez era necesario seguridad y permiso para instalar y operar el instrumental. Todos los sitios seleccionados tuvieron que obedecer a este criterio así como encontrarse en propiedad privada con control las 24 horas del día. Los sitios de la CNA ya eran usados para estaciones, por lo que eran experimentalmente seguros. Lo mismo

sucedía con las otras instituciones que manejan su propio instrumental, como la FIUADY y la planta Mérida III. Cuatro estaciones fueron ubicadas en gasolineras, para lo cual se solicitó permiso a los concesionarios y a la paraestatal PEMEX; esta estrategia resulta muy interesante en cuanto es una experiencia que puede ser extrapolada a otra investigación semejante en otro sitio, debido a que las gasolineras tienen una ubicación y condiciones de seguridad privilegiadas para el instrumental; todos los instrumentos restantes se instalaron en sitios que son de propiedad privada.

### 3.4. PERÍODO DE MEDICIÓN

Se midió durante un período de un año, abarcando todas las estaciones. Los registros pertenecen a los seis meses últimos del 2004 y a los seis primeros del 2005. En el primer caso se contó con 15 estaciones y en el segundo con 19.

### 3.5. PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

#### **3.5.1. Tipos de archivos resultantes, exportación a hojas de cálculo**

La información resultante del período de medición comprende registros de la temperatura del aire de las 24 horas del día. Cuando se malograron los registros de alguna estación, fue necesario suprimir los registros de las restantes para lograr inferencias adecuadas de cada una. De tal manera, aunque para cada estación lo perdido fue poco, fue necesario suprimir los registros correspondientes de las otras estaciones resultando, al final de cuentas, una pérdida mensual promedio aproximado de 6 % de la información.

Cada marca de instrumentos tiene su propio software, por lo que la información fue exportada a formatos creados en hojas electrónicas de cálculo Excel para su procesamiento. Se obtuvieron tablas comparativas de los promedios diarios por variable y por mes (Tabla 8), al igual que tablas comparativas de los promedios horarios de temperatura (Tabla 9a del Capítulo siguiente); esto es, datos numéricos de las condiciones promedio diario mensual y promedio horario

mensual de las distintas zonas de la ciudad en las que se encuentran las estaciones.

Tabla 8. Muestra de las tablas organizativas de las temperaturas horarios mensuales registradas en una estación.

| ESTACIÓN CEIBA                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |  |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|--|
| TEMPERATURAS DEL MES DE ENERO |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |  |
| fecha                         | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | 25   | 26   | 27   | 28   | 29   | 30   | 31   | prom. |  |
| 01                            | 19.8 | 21.0 | 22.5 | 19.8 | 19.4 | 22.1 | 22.5 | 21.7 | 19.8 | 16.4 | 20.2 | 19.0 | 22.5 | 20.6 | 19.4 | 16.4 | 18.7 | 15.2 | 14.5 | 12.6 | 11.0 | 15.2 | 17.9 | 21.0 | 11.0 | 14.5 | 16.0 | 18.7 | 19.0 | 22.1 | 19.4 | 18.4  |  |
| 02                            | 19.8 | 20.2 | 22.1 | 19.4 | 19.0 | 22.9 | 21.3 | 20.6 | 18.3 | 15.2 | 19.4 | 17.5 | 22.1 | 19.8 | 18.3 | 16.0 | 19.4 | 14.1 | 12.6 | 12.2 | 10.2 | 15.2 | 16.4 | 20.6 | 11.0 | 13.7 | 16.0 | 17.5 | 18.7 | 21.7 | 18.3 | 17.7  |  |
| 03                            | 19.0 | 19.8 | 21.7 | 18.3 | 18.3 | 23.2 | 20.2 | 20.2 | 17.1 | 15.2 | 18.3 | 16.8 | 21.7 | 21.0 | 17.1 | 17.1 | 16.4 | 15.2 | 12.2 | 11.0 | 9.8  | 14.1 | 15.2 | 19.8 | 11.0 | 13.3 | 14.9 | 16.4 | 18.3 | 22.1 | 17.9 | 17.2  |  |
| 04                            | 18.7 | 19.4 | 22.1 | 17.5 | 17.5 | 22.5 | 19.0 | 20.2 | 16.4 | 16.0 | 17.1 | 16.8 | 21.3 | 21.0 | 16.4 | 18.3 | 14.5 | 14.5 | 12.9 | 10.2 | 9.4  | 14.1 | 16.0 | 19.8 | 9.8  | 11.4 | 14.9 | 15.6 | 16.4 | 21.7 | 17.9 | 16.7  |  |
| 05                            | 18.7 | 20.2 | 22.1 | 16.4 | 17.9 | 21.3 | 18.7 | 18.7 | 17.1 | 15.6 | 16.4 | 15.2 | 21.3 | 22.5 | 16.0 | 18.7 | 14.1 | 12.9 | 11.4 | 9.4  | 9.0  | 13.7 | 15.6 | 19.8 | 10.6 | 12.2 | 14.5 | 14.5 | 15.6 | 21.0 | 17.1 | 16.4  |  |
| 06                            | 19.0 | 20.2 | 20.6 | 15.2 | 17.9 | 21.3 | 19.8 | 18.3 | 16.0 | 14.9 | 16.8 | 16.4 | 21.3 | 22.1 | 15.2 | 18.7 | 14.1 | 14.5 | 10.2 | 9.0  | 9.0  | 13.3 | 14.9 | 19.4 | 9.4  | 11.4 | 14.1 | 13.7 | 15.6 | 19.4 | 16.0 | 16.1  |  |
| 07                            | 20.2 | 20.2 | 19.4 | 14.5 | 18.3 | 20.6 | 19.8 | 19.0 | 16.0 | 15.6 | 16.0 | 16.0 | 21.3 | 22.5 | 15.2 | 19.0 | 14.1 | 14.1 | 9.8  | 9.4  | 9.4  | 12.9 | 15.6 | 19.4 | 9.0  | 11.4 | 13.7 | 14.1 | 16.0 | 19.0 | 16.4 | 16.1  |  |
| 08                            | 21.0 | 22.1 | 22.1 | 17.5 | 21.0 | 22.1 | 22.1 | 21.0 | 19.4 | 19.0 | 18.3 | 18.3 | 22.9 | 24.0 | 18.3 | 21.0 | 20.2 | 17.1 | 16.0 | 13.7 | 14.5 | 15.6 | 17.5 | 20.6 | 14.5 | 14.1 | 16.8 | 17.1 | 19.0 | 21.7 | 19.0 | 18.9  |  |
| 09                            | 22.9 | 25.2 | 25.2 | 22.5 | 24.8 | 25.6 | 26.0 | 25.2 | 24.0 | 24.4 | 23.6 | 23.6 | 25.2 | 24.0 | 23.6 | 23.2 | 23.6 | 22.5 | 22.1 | 21.0 | 21.3 | 22.9 | 23.6 | 22.5 | 20.6 | 20.6 | 22.1 | 22.9 | 24.4 | 25.6 | 24.0 | 23.5  |  |
| 10                            | 25.2 | 27.1 | 27.1 | 26.3 | 24.4 | 26.3 | 27.9 | 27.1 | 26.7 | 26.3 | 26.7 | 27.1 | 27.9 | 26.0 | 24.0 | 24.4 | 24.8 | 21.7 | 23.2 | 22.9 | 23.6 | 25.2 | 25.6 | 22.1 | 22.5 | 23.6 | 25.6 | 26.0 | 26.3 | 27.5 | 26.3 | 25.4  |  |
| 11                            | 27.5 | 28.7 | 28.3 | 27.9 | 26.7 | 27.5 | 29.1 | 29.1 | 28.3 | 27.5 | 28.3 | 28.7 | 29.9 | 26.3 | 25.2 | 24.8 | 23.6 | 24.0 | 23.2 | 24.0 | 25.2 | 26.7 | 27.5 | 23.2 | 23.6 | 25.2 | 27.1 | 27.1 | 28.7 | 28.7 | 27.5 | 26.8  |  |
| 12                            | 29.1 | 30.7 | 29.9 | 28.7 | 27.5 | 29.9 | 29.9 | 30.3 | 28.7 | 27.5 | 29.9 | 29.9 | 31.9 | 26.7 | 24.4 | 25.2 | 24.4 | 23.6 | 24.4 | 24.4 | 26.7 | 28.7 | 27.9 | 23.2 | 24.8 | 26.7 | 28.3 | 27.9 | 29.9 | 28.7 | 29.5 | 27.7  |  |
| 13                            | 28.7 | 29.9 | 29.9 | 28.7 | 28.7 | 30.3 | 31.1 | 31.5 | 27.9 | 29.9 | 30.7 | 30.7 | 33.6 | 26.0 | 25.6 | 25.2 | 24.4 | 24.8 | 24.4 | 25.6 | 27.1 | 30.3 | 28.3 | 24.4 | 25.2 | 27.9 | 29.9 | 27.9 | 30.7 | 29.9 | 29.9 | 28.4  |  |
| 14                            | 28.7 | 30.3 | 29.9 | 30.3 | 29.1 | 31.5 | 30.7 | 31.1 | 28.3 | 29.1 | 31.1 | 30.7 | 34.9 | 25.2 | 25.6 | 24.8 | 24.8 | 25.2 | 25.2 | 25.6 | 28.3 | 30.3 | 28.3 | 24.4 | 25.6 | 28.7 | 30.3 | 28.3 | 29.9 | 30.3 | 31.5 | 28.6  |  |
| 15                            | 27.5 | 29.5 | 29.1 | 29.1 | 30.3 | 31.1 | 32.3 | 30.7 | 28.3 | 28.7 | 29.1 | 31.9 | 33.6 | 26.3 | 25.2 | 24.8 | 25.2 | 24.4 | 24.4 | 24.8 | 28.3 | 29.5 | 27.9 | 25.2 | 25.2 | 28.3 | 29.5 | 26.7 | 30.7 | 30.7 | 31.9 | 28.4  |  |
| 16                            | 28.3 | 27.9 | 27.9 | 29.1 | 29.1 | 28.3 | 30.7 | 28.7 | 27.5 | 27.9 | 27.5 | 32.3 | 32.8 | 24.8 | 23.2 | 23.6 | 23.6 | 23.6 | 23.6 | 24.4 | 28.3 | 29.1 | 25.6 | 23.6 | 23.6 | 26.0 | 27.1 | 27.1 | 29.5 | 29.5 | 31.9 | 27.3  |  |
| 17                            | 27.1 | 26.3 | 25.6 | 26.3 | 26.3 | 27.5 | 30.7 | 27.1 | 25.6 | 25.6 | 25.6 | 31.1 | 31.5 | 23.6 | 22.1 | 22.5 | 22.9 | 21.7 | 22.1 | 22.9 | 25.2 | 26.0 | 24.4 | 21.7 | 22.1 | 24.4 | 24.8 | 24.8 | 27.9 | 28.3 | 27.9 | 25.5  |  |
| 18                            | 25.2 | 24.0 | 23.6 | 24.0 | 24.4 | 25.6 | 26.0 | 24.8 | 23.6 | 24.0 | 23.6 | 28.7 | 29.5 | 22.1 | 21.7 | 21.7 | 21.0 | 20.2 | 20.2 | 19.4 | 22.5 | 23.6 | 22.9 | 19.4 | 20.2 | 22.1 | 22.9 | 23.6 | 24.8 | 25.6 | 25.2 | 23.4  |  |
| 19                            | 23.6 | 23.6 | 22.9 | 23.2 | 24.4 | 25.2 | 24.0 | 23.6 | 22.9 | 23.6 | 22.9 | 26.7 | 26.0 | 21.0 | 19.8 | 21.7 | 19.8 | 18.7 | 17.9 | 17.1 | 20.6 | 22.5 | 22.5 | 17.5 | 18.3 | 20.6 | 22.1 | 22.5 | 23.2 | 24.0 | 23.6 | 22.1  |  |
| 20                            | 23.6 | 22.9 | 22.5 | 22.9 | 24.0 | 24.4 | 26.0 | 22.9 | 22.1 | 23.6 | 22.5 | 26.3 | 24.8 | 19.8 | 18.3 | 21.7 | 17.9 | 17.9 | 16.0 | 15.2 | 18.7 | 21.3 | 21.3 | 15.6 | 16.8 | 19.0 | 21.7 | 22.1 | 22.1 | 23.2 | 22.9 | 21.3  |  |
| 21                            | 24.0 | 22.5 | 22.1 | 22.5 | 24.0 | 24.0 | 25.2 | 22.5 | 21.3 | 23.2 | 22.1 | 25.6 | 24.4 | 19.4 | 18.3 | 21.3 | 16.0 | 17.1 | 15.6 | 14.9 | 17.5 | 19.8 | 21.3 | 14.1 | 15.6 | 17.9 | 21.3 | 21.3 | 21.3 | 22.5 | 22.1 | 20.7  |  |
| 22                            | 24.0 | 22.1 | 21.7 | 21.7 | 23.6 | 24.0 | 24.4 | 22.1 | 19.8 | 22.5 | 21.3 | 24.8 | 24.0 | 19.4 | 17.9 | 20.2 | 14.9 | 16.0 | 14.1 | 12.9 | 16.8 | 19.0 | 21.0 | 12.9 | 15.6 | 16.4 | 20.6 | 21.0 | 22.1 | 22.5 | 22.1 | 20.0  |  |
| 23                            | 23.6 | 21.7 | 20.6 | 20.6 | 22.9 | 23.6 | 23.6 | 21.7 | 19.0 | 21.3 | 20.2 | 23.6 | 22.1 | 21.0 | 17.1 | 19.8 | 14.5 | 14.9 | 12.6 | 12.2 | 16.4 | 19.0 | 21.0 | 12.2 | 15.6 | 15.6 | 19.4 | 20.2 | 22.1 | 21.3 | 22.1 | 19.4  |  |
| 24                            | 22.5 | 22.1 | 19.8 | 19.8 | 22.1 | 23.6 | 22.5 | 20.6 | 17.9 | 20.6 | 19.8 | 22.9 | 21.7 | 21.0 | 16.8 | 18.3 | 14.1 | 14.5 | 12.6 | 11.4 | 16.4 | 18.3 | 21.0 | 11.8 | 14.5 | 15.6 | 19.0 | 19.8 | 22.5 | 20.2 | 21.3 | 18.9  |  |
|                               | 23.7 | 24.1 | 24.1 | 22.6 | 23.4 | 25.2 | 25.1 | 24.1 | 22.2 | 22.2 | 22.8 | 24.2 | 26.2 | 22.7 | 20.2 | 21.2 | 19.4 | 18.7 | 17.5 | 16.9 | 18.6 | 21.1 | 21.6 | 19.8 | 17.3 | 19.2 | 21.4 | 21.5 | 23.1 | 24.5 | 23.4 | 21.9  |  |

Esta tabla sirvió para obtener los promedios horarios mensuales (última columna), los promedios diarios mensuales (última fila) y el promedio mensual de cada estación (última celda). Se elaboraron 408 tablas semejantes que, por cuestión práctica, no se presentan en esta tesis.

### 3.5.2. Mapas de distribución de las variables

Para lograr una interpretación integral de los registros recabados, además de las tablas numéricas se elaboraron gráficas y mapas de curvas isotermas de la ciudad. Esto se hizo con el auxilio del programa de sistemas de información geográfica Arcview.

El procedimiento requirió representar primero las estaciones en el mapa georreferenciado de la ciudad (Figura 51) y asociarles los datos numéricos recolectados por las mismas, para procesarlos por medio del software. Arcview no reconoce la base de datos Excel, por lo que fue exportada a DBASE IV con el que fue compatible. Como resultado, se obtuvieron mapas de distribución de los promedios diarios mensuales y horarios de las 6:00, 9:00, 12:00, 15:00, 18:00, 21:00 y 24:00 horas. La Figura 51 muestra un ejemplo de los mapas térmicos y en el capítulo 4 se analizan los restantes.

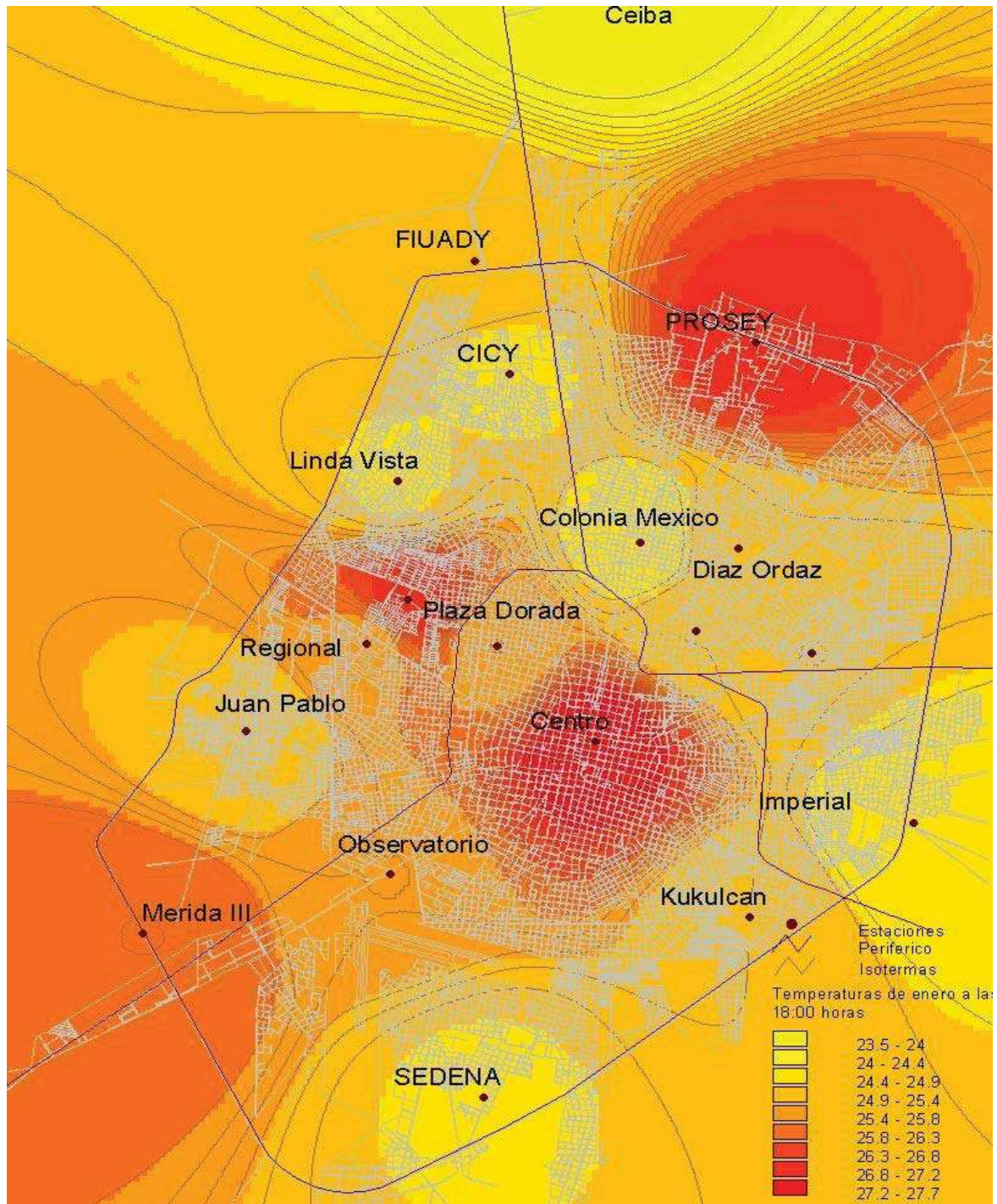


Figura 51. Muestra de los mapas de distribución de las variables bioclimáticas, representadas con una gradación de colores delimitados por isótermas. El que se muestra es un mapa térmico de las 18:00 horas del mes de enero.

---

## **4. VARIABILIDAD TÉRMICA EN LA CIUDAD**

En este capítulo se presenta el análisis de las temperaturas del aire registradas en las ocho ZTU de la ciudad de Mérida, las cuales fueron organizadas en tablas, gráficas y mapas para facilitar su manejo. Asimismo, se describe y analiza su distribución espacio temporal general y por zonas.

Una premisa importante de esta investigación fue considerar que en la práctica del diseño arquitectónico, hacia la cual se enfocó, existe la necesidad de conocer las variaciones de temperatura durante el día y durante las estaciones del año, para determinar las zonas de comodidad térmica, los requerimientos de la envolvente y los recursos de acondicionamiento pasivo que son necesarios para lograr el confort.

### **4.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AIRE EN LA CIUDAD**

Los registros de temperaturas del período de mediciones fueron procesados en hojas de cálculo, obteniendo como resultado una tabla de cada mes que contiene los promedios horarios de los sitios de medición. Como ejemplo se presenta la Tabla 9a, correspondiente al mes de enero, y en el Anexo 1 se presentan las tablas de la 9a a la 9l de los doce meses.

Tabla 9a. Promedios horarios de temperatura en las estaciones durante enero de 2005

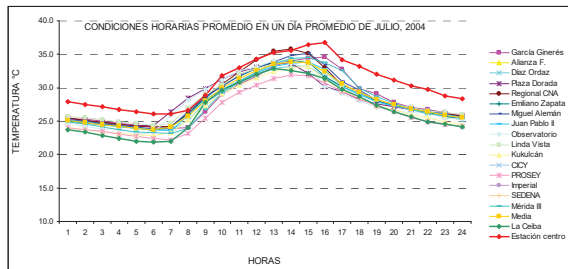
| TEMP ENERO |                  | HORAS |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------|------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ZTU        | ESTACIÓN         | 1     | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | med  | min  | max  | desc |      |
| ZTU 1      | Estación centro  | 21.6  | 21.2 | 20.8 | 20.5 | 20.1 | 19.8 | 19.6 | 19.4 | 19.8 | 22.0 | 24.5 | 26.2 | 27.5 | 28.4 | 28.9 | 29.3 | 28.9 | 27.7 | 26.0 | 24.5 | 23.6 | 23.0 | 22.6 | 22.1 | 23.7 | 19.4 | 29.3 | 9.9  |      |
| ZTU 2      | García Ginerés   | 20.8  | 20.4 | 20.0 | 19.7 | 19.4 | 19.1 | 19.0 | 19.9 | 22.2 | 25.5 | 27.7 | 29.0 | 29.8 | 30.1 | 30.1 | 28.9 | 27.2 | 25.6 | 24.1 | 23.2 | 22.7 | 22.3 | 21.8 | 21.3 | 23.7 | 19.0 | 30.1 | 11.1 |      |
|            | Alianza Francesa | 20.5  | 20.1 | 19.7 | 19.4 | 19.0 | 18.7 | 18.0 | 21.1 | 24.0 | 26.4 | 27.9 | 29.1 | 29.8 | 30.0 | 29.8 | 28.0 | 26.5 | 24.7 | 23.6 | 22.7 | 22.2 | 21.8 | 21.3 | 20.8 | 23.6 | 18.7 | 30.0 | 11.3 |      |
| ZTU 3      | Díaz Ordaz       | 20.3  | 19.8 | 19.5 | 19.1 | 18.9 | 18.7 | 18.6 | 21.1 | 23.9 | 26.0 | 27.4 | 28.4 | 29.1 | 29.4 | 29.5 | 28.5 | 27.0 | 25.2 | 23.9 | 23.0 | 22.5 | 21.9 | 21.3 | 20.7 | 23.5 | 18.6 | 29.5 | 10.9 |      |
|            | Plaza Dorada     | 21.8  | 21.4 | 21.0 | 20.5 | 20.3 | 20.0 | 19.7 | 19.6 | 22.0 | 24.4 | 26.2 | 27.6 | 28.4 | 29.2 | 29.4 | 29.4 | 28.5 | 27.1 | 25.5 | 24.4 | 23.6 | 23.2 | 22.7 | 22.2 | 24.1 | 19.6 | 29.4 | 9.8  |      |
|            | Regional CNA     | 20.9  | 20.5 | 20.1 | 19.8 | 19.5 | 19.2 | 19.2 | 20.2 | 22.5 | 25.0 | 27.1 | 28.7 | 29.7 | 30.2 | 30.2 | 30.2 | 29.3 | 27.6 | 25.7 | 24.1 | 23.2 | 22.7 | 22.3 | 21.9 | 21.4 | 23.8 | 19.2 | 30.2 | 11.0 |
|            | Emiliano Zapata  | 20.1  | 19.7 | 19.4 | 19.0 | 18.7 | 18.4 | 18.3 | 20.2 | 23.6 | 25.7 | 27.2 | 28.2 | 28.8 | 29.2 | 29.2 | 28.3 | 26.7 | 25.0 | 23.7 | 22.8 | 22.3 | 21.6 | 21.1 | 20.5 | 23.2 | 18.3 | 29.2 | 10.9 |      |
|            | Miguel Alemán    | 20.6  | 20.1 | 19.7 | 19.4 | 19.0 | 18.7 | 18.6 | 21.7 | 24.8 | 26.9 | 28.8 | 30.1 | 30.8 | 31.1 | 31.0 | 29.4 | 27.1 | 25.2 | 24.0 | 23.2 | 22.6 | 22.0 | 21.5 | 20.9 | 24.1 | 18.6 | 31.1 | 12.5 |      |
| ZTU 4      | Juan Pablo II    | 20.7  | 20.3 | 19.7 | 19.5 | 19.2 | 18.9 | 18.9 | 21.2 | 23.9 | 25.8 | 27.6 | 28.8 | 29.5 | 30.0 | 30.1 | 29.1 | 27.5 | 25.2 | 23.9 | 23.1 | 22.6 | 22.3 | 21.8 | 21.2 | 23.8 | 18.9 | 30.1 | 11.2 |      |
| ZTU 5      | Observatorio     | 21.0  | 20.5 | 19.7 | 19.1 | 18.7 | 18.3 | 18.2 | 20.8 | 23.8 | 26.6 | 27.6 | 29.9 | 30.3 | 30.4 | 30.3 | 29.1 | 27.5 | 25.6 | 24.1 | 23.2 | 22.7 | 22.2 | 21.5 | 21.3 | 23.9 | 18.2 | 30.4 | 12.2 |      |
|            | Linda Vista      | 20.7  | 20.2 | 19.9 | 19.5 | 19.2 | 18.9 | 18.9 | 21.3 | 24.2 | 26.4 | 28.1 | 29.2 | 29.7 | 29.9 | 29.8 | 28.4 | 26.7 | 24.9 | 23.7 | 23.0 | 22.4 | 21.9 | 21.4 | 21.0 | 23.7 | 18.9 | 29.9 | 11.0 |      |
|            | Kukulcán         | 19.6  | 19.0 | 18.6 | 18.3 | 18.0 | 17.8 | 17.7 | 20.0 | 23.6 | 26.1 | 27.7 | 28.8 | 29.4 | 30.0 | 29.8 | 28.9 | 27.3 | 25.2 | 23.8 | 22.7 | 22.2 | 21.5 | 20.7 | 20.2 | 23.2 | 17.7 | 30.0 | 12.3 |      |
|            | CICY             | 20.0  | 19.6 | 19.1 | 18.7 | 18.3 | 18.0 | 17.8 | 18.9 | 22.5 | 25.7 | 28.1 | 29.5 | 30.2 | 30.2 | 30.2 | 28.7 | 26.8 | 24.9 | 23.5 | 22.6 | 22.0 | 21.5 | 21.0 | 20.4 | 23.3 | 17.8 | 30.2 | 12.4 |      |
| ZTU 6      | PROSEY           | 19.7  | 19.3 | 18.8 | 18.4 | 17.9 | 17.4 | 17.1 | 16.8 | 18.2 | 21.8 | 24.6 | 26.2 | 27.4 | 28.3 | 28.8 | 29.0 | 28.4 | 27.1 | 25.1 | 23.4 | 22.3 | 21.5 | 20.9 | 20.3 | 22.4 | 16.8 | 29.9 | 12.2 |      |
|            | Imperial         | 19.3  | 18.7 | 18.3 | 18.0 | 17.6 | 17.3 | 17.1 | 19.7 | 23.  | 25.3 | 26.7 | 27.6 | 28.4 | 28.8 | 28.9 | 28.2 | 26.7 | 24.6 | 23.2 | 22.3 | 21.7 | 20.9 | 20.3 | 19.7 | 22.6 | 17.3 | 28.9 | 11.6 |      |
|            | SEDENA           | 19.0  | 18.3 | 17.6 | 17.3 | 17.1 | 17.1 | 17.2 | 19.7 | 23.3 | 26.1 | 27.5 | 28.7 | 29.2 | 29.5 | 29.7 | 29.0 | 27.0 | 24.9 | 23.6 | 22.7 | 22.0 | 21.4 | 20.5 | 19.8 | 22.8 | 17.1 | 29.7 | 12.6 |      |
|            | FIUADY           | 19.8  | 19.4 | 19.0 | 18.6 | 18.3 | 18.0 | 17.7 | 18.1 | 20.7 | 23.4 | 25.2 | 26.4 | 27.4 | 28.0 | 28.2 | 27.5 | 26.6 | 25.2 | 23.8 | 22.8 | 22.1 | 21.4 | 20.8 | 20.4 | 22.5 | 17.7 | 28.2 | 10.5 |      |
| ZTU 7      | Mérida III       | 19.6  | 19.0 | 18.4 | 17.9 | 17.7 | 17.4 | 17.2 | 17.9 | 21.3 | 24.2 | 26.3 | 27.7 | 28.8 | 29.4 | 29.5 | 29.4 | 28.3 | 26.2 | 23.7 | 22.4 | 21.6 | 21.1 | 20.8 | 20.2 | 22.8 | 17.2 | 28.5 | 12.3 |      |
| ZTU 8      | La Ceiba         | 18.5  | 17.8 | 17.3 | 16.8 | 16.5 | 16.2 | 16.2 | 19.0 | 23.6 | 25.5 | 26.9 | 27.8 | 28.5 | 28.7 | 28.5 | 27.4 | 25.6 | 23.5 | 22.2 | 21.4 | 20.8 | 20.1 | 19.5 | 19.0 | 22.0 | 16.2 | 28.7 | 12.5 |      |

|                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Máxima              | 21.8 | 21.4 | 21.0 | 20.5 | 20.3 | 20.0 | 19.7 | 21.7 | 24.8 | 26.9 | 28.8 | 30.1 | 30.8 | 31.1 | 31.0 | 29.4 | 28.9 | 27.7 | 26.0 | 24.5 | 23.6 | 23.2 | 22.7 | 22.2 | 24.1 |
| Mínima              | 18.5 | 17.8 | 17.3 | 16.8 | 16.5 | 16.2 | 16.2 | 16.8 | 18.2 | 21.8 | 24.5 | 26.2 | 27.4 | 28.0 | 28.2 | 27.4 | 25.6 | 23.5 | 22.2 | 21.4 | 20.8 | 20.1 | 19.5 | 19.0 | 22.0 |
| Rango               | 3.3  | 3.6  | 3.7  | 3.7  | 3.8  | 3.8  | 3.5  | 4.9  | 6.6  | 5.1  | 4.3  | 3.9  | 3.4  | 3.1  | 2.8  | 2.0  | 3.3  | 4.2  | 3.8  | 3.1  | 2.8  | 3.1  | 3.2  | 3.2  | 3.7  |
| Media               | 20.2 | 19.8 | 19.3 | 18.9 | 18.6 | 18.3 | 18.2 | 19.8 | 22.7 | 25.2 | 27.0 | 28.3 | 29.1 | 29.5 | 29.6 | 28.7 | 27.3 | 25.4 | 24.0 | 23.0 | 22.3 | 21.8 | 21.2 | 20.7 | 23.3 |
| Mediana             | 20.3 | 19.8 | 19.5 | 19.1 | 18.7 | 18.4 | 18.3 | 19.9 | 23.3 | 25.7 | 27.4 | 28.7 | 29.2 | 29.5 | 29.7 | 28.9 | 27.1 | 25.2 | 23.8 | 23.0 | 22.3 | 21.8 | 21.3 | 20.7 | 23.5 |
| Desviación estándar | 0.83 | 0.91 | 0.94 | 0.96 | 0.95 | 0.94 | 0.92 | 1.25 | 1.64 | 1.41 | 1.15 | 1.12 | 0.96 | 0.79 | 0.68 | 0.60 | 0.79 | 0.96 | 0.80 | 0.67 | 0.62 | 0.70 | 0.74 | 0.77 | 0.60 |
| Cuartil 1           | 19.7 | 19.2 | 18.7 | 18.4 | 18.0 | 17.6 | 17.5 | 19.2 | 22.1 | 24.7 | 26.5 | 27.7 | 28.5 | 29.0 | 29.1 | 28.4 | 26.7 | 24.9 | 23.7 | 22.7 | 22.1 | 21.5 | 20.8 | 20.3 | 22.8 |
| Cuartil 2           | 20.3 | 19.8 | 19.5 | 19.1 | 18.7 | 18.4 | 18.3 | 19.9 | 23.3 | 25.7 | 27.4 | 28.7 | 29.2 | 29.5 | 29.7 | 28.9 | 27.1 | 25.2 | 23.8 | 23.0 | 22.3 | 21.8 | 21.3 | 20.7 | 23.5 |
| Cuartil 3           | 20.8 | 20.4 | 19.8 | 19.5 | 19.2 | 18.9 | 18.9 | 21.0 | 23.9 | 26.1 | 27.7 | 29.1 | 29.8 | 30.1 | 30.1 | 29.2 | 27.6 | 25.7 | 24.1 | 23.2 | 22.7 | 22.3 | 21.7 | 21.3 | 23.8 |

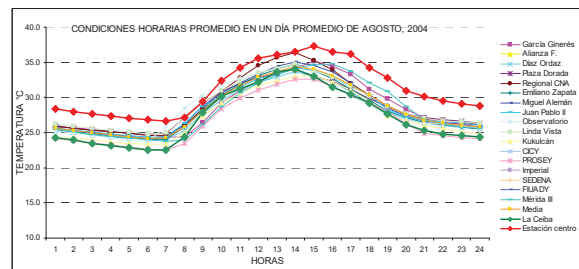
Máxima  Mínima 

También para apoyar la interpretación de los datos, se elaboraron las gráficas de la 7a a la 7l, para interpretar, con base en lo sucedido durante el período de medición, que existe una gran variabilidad de las temperaturas en las ZTU de la ciudad y su entorno no urbano contiguo, tanto en magnitudes como en tiempo de ocurrencia de los eventos térmicos notables, esto es, de las máximas, mínimas, medias, etc.

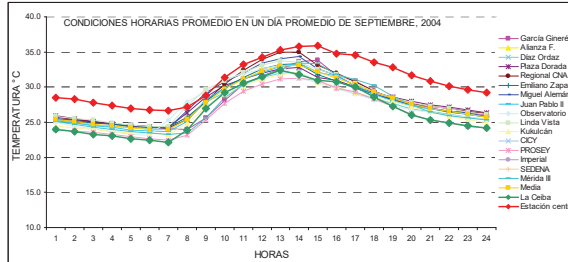
En general, las gráficas permiten determinar que en el transcurso de un día, tanto en la ciudad como en el campo, la temperatura va descendiendo lentamente de las 0:00 horas hasta entre media y una hora posterior del amanecer; a partir de entonces va aumentando de manera rápida, alcanzándose la máxima diaria aproximadamente dos horas después de haber culminado el astro; seguidamente la temperatura va decreciendo igualmente rápido, hasta alrededor de una hora después del ocaso; finalmente se presenta una fase de descenso lento, que termina en el momento del siguiente amanecer, en el que iniciará nuevamente el ciclo.



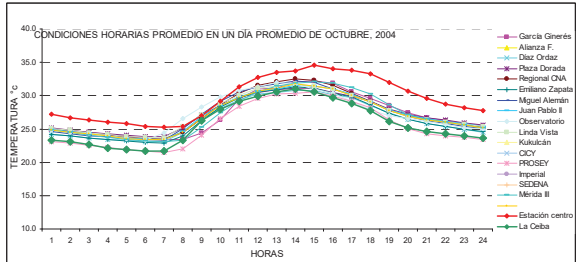
7a. Julio, 2004



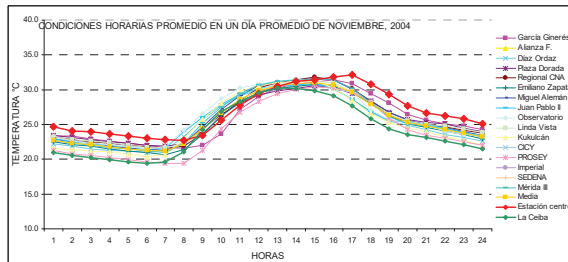
7b. Agosto, 2004



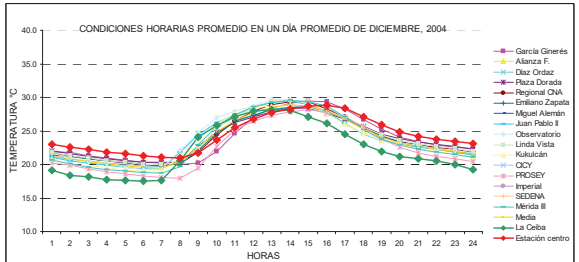
7c. Septiembre, 2004



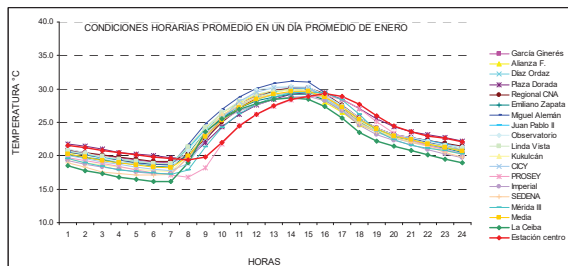
7d. Octubre, 2004



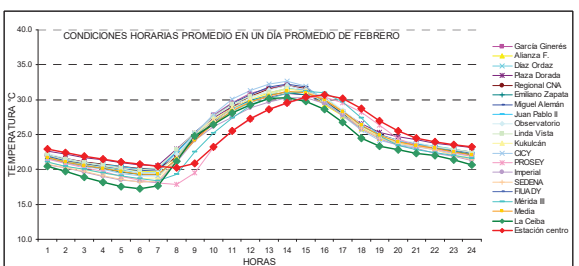
7e. Noviembre, 2004



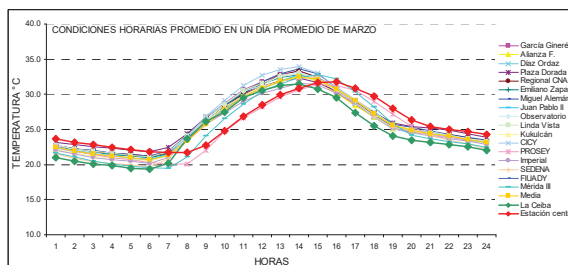
7f. Diciembre, 2004



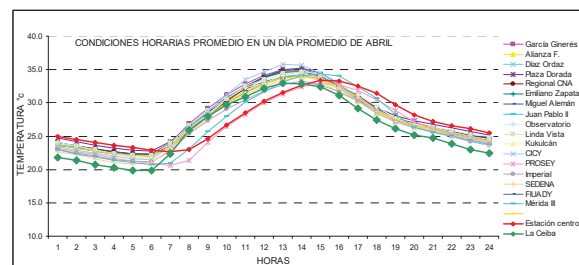
7g. Enero, 2005



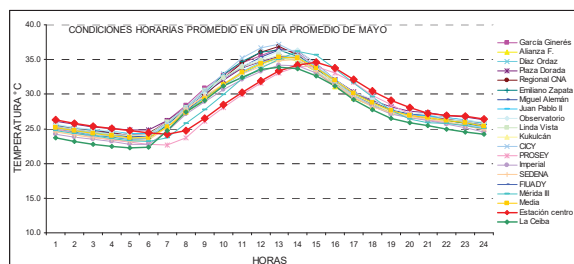
7h. Febrero, 2005



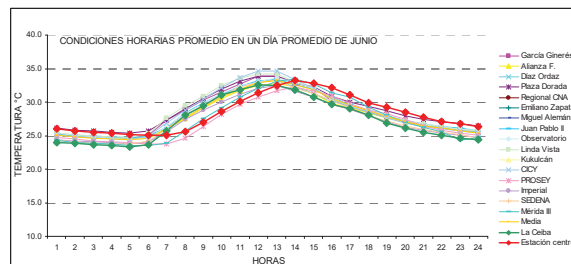
7i. Marzo, 2005



7j. Abril, 2005



7k. Mayo, 2005



7l. Junio, 2005

Gráficas de la 7a a la 7l. Variabilidad térmica en las estaciones. Se han representado con colores más fuertes y líneas más gruesas las curvas de la Ceiba, en verde fuerte, y la del Centro en rojo.

#### 4.1.1. Máximas diferencias de temperatura en la ciudad

Con las filas de los rangos, u oscilación térmica, de la parte inferior de las tablas de los promedios horarios mensuales (de la 9a a la 9l), que contienen las diferencias que a cada hora se presentan entre la estación que registra la temperatura más alta y la que registra la más baja, esto es, las máximas diferencias horarias diarias en la ciudad, se ha elaborado la tabla 10, que muestra:

- en la primera fila, el promedio por mes de las máximas diferencias horarias y, en la última celda de la misma fila, el promedio anual;
- las máximas diferencias de temperatura de los días representativos de cada mes y su promedio anual;
- las mínimas diferencias de temperatura de los días representativos de cada mes y su promedio anual.

Tabla 10. Promedios, máximas y mínimas diferencias horarias de la temperatura entre dos puntos de la ciudad

| Año                               | 2 0 0 4 |        |       |         |         |         | 2 0 0 5 |         |       |       |      |       | media anual |
|-----------------------------------|---------|--------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|-------|------|-------|-------------|
|                                   | Julio   | agosto | sept. | octubre | noviem. | diciem. | enero   | febrero | marzo | abril | mayo | junio |             |
| Diferencias entre estaciones      |         |        |       |         |         |         |         |         |       |       |      |       |             |
| Prom.de las max.diferen. horarias | 4.6     | 4.8    | 5.6   | 5.4     | 4.3     | 4.2     | 3.7     | 3.3     | 3.2   | 4.0   | 3.6  |       | 4.2         |
| Máximas diferencias diarias       | 6.6     | 6.1    | 6.8   | 6.5     | 5.8     | 5.3     | 6.6     | 5.8     | 4.8   | 6.7   | 7.2  |       | 6.2         |
| Mínimas diferencias diarias       | 3.8     | 3.9    | 5.0   | 4.6     | 2.7     | 3.5     | 2.0     | 2.0     | 2.2   | 2.5   | 1.9  |       | 3.1         |

Puesto que estas diferencias se presentaron principalmente entre la ciudad y su entorno inmediato no urbano, se puede afirmar que son las alteraciones medias y extremas de la temperatura del aire ocasionadas por factores urbanos.

#### 4.1.1.1. Promedio de las máximas diferencias horarias

En la filas de los promedios de las máximas diferencias horarias de la Tabla 10 se observó que la media anual de las diferencias es de 4.2 grados C y que los promedios mensuales variaron de 3.2, en marzo, a 5.6 grados C en septiembre.

#### 4.1.1.2. Máximas diferencias de temperatura entre dos puntos de la ciudad en los días representativos de cada mes

De la fila de las máximas diferencias diarias de la Tabla 11 y con ayuda de las tablas de los promedio horarios mensuales (tablas de la 9a a la 9l, Anexo 1) se observó que la media de las máximas diferencias de los meses fue de 6.2 grados C; que la mayor ocurrió en mayo, fue de 7.2 y que se dio entre la estación CICY (valor alto) y la FIUADY (valor bajo); también se observó que la menor, entre las máximas diferencias de cada mes, fue de 4.8 grados C y presentó en marzo.

Recurriendo nuevamente a las tablas de la 9a a la 9l (Anexo 1) se elaboró la tabla 11 que presenta, para cada mes, las estaciones entre las que se encontraron las máximas diferencias horarias, la hora en que sucedió y los valores de esas diferencias.

Tabla 11. Máximas diferencias diarias de temperatura en la ciudad

| Mes        | Estaciones de mayor temp. | ZTU  | Temp. | Estaciones de menor temp. | ZTU  | Temp. | Dt  | Hora  |
|------------|---------------------------|------|-------|---------------------------|------|-------|-----|-------|
| Julio      | Centro                    | ZTU1 | 36.8  | Observatorio              | ZTU5 | 30.2  | 6.6 | 14:00 |
| Agosto     | Centro                    | ZTU1 | 36.3  | Observatorio              | ZTU5 | 30.1  | 6.1 | 14:00 |
| Septiembre | Linda Vista               | ZTU5 | 29.7  | FIUADY                    | ZTU6 | 22.9  | 6.8 | 5:00  |
| Octubre    | Observatorio              | ZTU5 | 28.3  | FIUADY                    | ZTU6 | 21.8  | 6.5 | 3:00  |
| Noviembre  | Centro                    | ZTU1 | 30.7  | FIUADY                    | ZTU6 | 25.0  | 5.8 | 14:00 |
| Diciembre  | Observatorio              | ZTU5 | 24.8  | FIUADY                    | ZTU6 | 19.4  | 5.3 | 7:00  |
| Enero      | M. Alemán                 | ZTU3 | 24.8  | Ceiba                     | ZTU8 | 18.2  | 6.6 | 9:00  |
| Febrero    | M. Alemán                 | ZTU3 | 25.3  | Ceiba                     | ZTU8 | 19.5  | 5.8 | 2:00  |
| Marzo      | CICY                      | ZTU5 | 26.8  | Ceiba                     | ZTU8 | 22.0  | 4.8 | 22:00 |
| Abril      | CICY                      | ZTU5 | 33.5  | Ceiba                     | ZTU8 | 26.8  | 6.7 | 21:00 |
| Mayo       | CICY                      | ZTU5 | 35.2  | Ceiba                     | ZTU8 | 28.1  | 7.2 | 21:00 |
| Junio      |                           |      |       |                           |      |       |     |       |

En la tabla se muestran las estaciones y ZTU entre las que se dan las máximas diferencias diarias de temperatura en la ciudad y los valores de las diferencias (Dt).

En la tabla se observa que las máximas diferencias se registraron entre estaciones del interior de la ciudad (salvo en dos ocasiones en la ZTU5) y la estación del medio rural o las que se encuentran en los límites urbanos que tienen características semejantes a las rurales.

#### 4.1.1.3. Mínimas diferencias de temperatura entre dos puntos de la ciudad en los días representativos de cada mes

Respecto de las mínimas variaciones horarias diarias entre dos estaciones (ver la Tabla 10): el promedio anual fue de 3.1 grados C; la mayor alcanzó los 5 grados C entre la estación CICY y la FIUADY en el mes de septiembre; y la menor fue de 1.9 grados C y se presentó en el mes de mayo.

Con base en las tablas de la 9a a la 9l (Anexo 1) se ha elaborado la tabla 12 que presenta para cada mes las estaciones entre las que se encontraron las mínimas diferencias horarias, la hora en que sucedió y los valores de esas diferencias.

Tabla12. Mínimas diferencias diarias de temperatura en la ciudad

| Mes        | Estaciones de mayor temp. | ZTU  | Temp. | Estaciones de menor temp. | ZTU  | Temp. | Dt  | Hora  |
|------------|---------------------------|------|-------|---------------------------|------|-------|-----|-------|
| Julio      | Regional                  | ZTU3 | 35.8  | PROSEY                    | ZTU6 | 31.9  | 3.8 | 16:00 |
| Agosto     | Centro                    | ZTU1 | 36.5  | PROSEY                    | ZTU6 | 32.6  | 3.9 | 17:00 |
| Septiembre | Centro                    | ZTU1 | 27.0  | FIUADY                    | ZTU6 | 22.0  | 5.0 | 9:00  |
| Octubre    | Centro                    | ZTU1 | 26.3  | FIUADY                    | ZTU6 | 21.7  | 4.6 | 9:00  |
| Noviembre  | Observatorio              | ZTU5 | 31.5  | FIUADY                    | ZTU6 | 28.2  | 2.7 | 18:00 |
| Diciembre  | Centro                    | ZTU1 | 21.1  | FIUADY                    | ZTU6 | 17.6  | 3.5 | 9:00  |
| Enero      | Mérida III                | ZTU7 | 29.4  | Ceiba                     | ZTU8 | 27.4  | 2.0 | 16:00 |
| Febrero    | Centro                    | ZTU1 | 24.0  | Ceiba                     | ZTU8 | 22.0  | 2.0 | 9:00  |
| Marzo      | Centro                    | ZTU1 | 25.0  | Ceiba                     | ZTU8 | 22.8  | 2.2 | 9:00  |
| Abril      | Centro                    | ZTU1 | 27.2  | Ceiba                     | ZTU8 | 24.7  | 2.5 | 11:00 |
| Mayo       | Centro                    | ZTU1 | 27.3  | Ceiba                     | ZTU8 | 25.4  | 1.9 | 11:00 |
| PROMEDIOS  |                           |      | 28.3  |                           |      | 25.1  | 3.1 |       |

En la tabla se muestran las estaciones y ZTU entre las que se dan las mínimas diferencias diarias de temperatura en la ciudad y los valores de las diferencias (Dt).

En la tabla se observa que también las mínimas diferencias se registraron entre estaciones del interior de la ciudad (salvo en un caso, que se presentó en la ZTU7) en comparación con las diferencias entre esas estaciones y las del medio rural o las que se encuentran en los límites urbanos que tienen características semejantes a las rurales.

#### 4.1.1.4. Diferencias de temperatura en la estación centro

En las gráficas de la 7a a la 7l se observa que en los meses de mayor humedad, esto es, en julio, agosto, septiembre y octubre, por intervalos la temperatura de la estación centro alcanza temperaturas notoriamente más elevadas que el resto de las estaciones, diferencia que va disminuyendo paulatinamente al terminar esa temporada. Es importante recordar que esa estación se encuentra en una ZTU que presenta un aspecto morfológico singular respecto de todos los otros sitios: la impermeabilidad horizontal al viento en el sentido transversal a las calles y la impermeabilidad al agua de la cobertura del suelo.

#### 4.1.1.5. Promedios horarios de las temperaturas de todas las estaciones en el período estudiado

Las filas de la tabla 13 corresponden a los promedios horarios mensuales de todas las estaciones y pueden interpretarse como las temperaturas horarias medias de la ciudad durante el período estudiado.

Tabla 13. Promedios mensuales de las temperaturas horarias obtenidas durante la investigación en cada una de las estaciones

| AÑO   | MES   | HORA |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | med  | Min  | Max  | osc  |
|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
|       |       | 1:00 | 2:00 | 3:00 | 4:00 | 5:00 | 6:00 | 7:00 | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 | 24:00 |      |      |      |      |
| 2004  | jul.  | 25.1 | 24.8 | 24.5 | 24.2 | 23.9 | 23.7 | 24.1 | 25.7 | 28.1 | 30.0  | 31.4  | 32.5  | 33.5  | 33.9  | 33.7  | 32.4  | 30.6  | 29.3  | 28.2  | 27.4  | 26.8  | 26.3  | 25.9  | 25.5  | 28.0 | 23.7 | 33.9 | 10.2 |
|       | ago.  | 25.6 | 25.3 | 25.0 | 24.7 | 24.4 | 24.2 | 24.3 | 25.8 | 28.1 | 30.2  | 31.7  | 32.9  | 33.8  | 34.4  | 34.0  | 33.1  | 31.8  | 30.3  | 28.8  | 27.5  | 26.7  | 26.3  | 26.1  | 25.8  | 28.4 | 24.2 | 34.4 | 10.2 |
|       | sept. | 25.4 | 25.1 | 24.7 | 24.5 | 24.2 | 24.0 | 24.0 | 25.5 | 27.8 | 29.7  | 31.2  | 32.3  | 33.0  | 33.1  | 32.2  | 31.3  | 30.3  | 29.3  | 28.4  | 27.5  | 26.9  | 26.5  | 26.1  | 25.8  | 27.9 | 24.0 | 33.1 | 9.2  |
|       | oct.  | 24.7 | 24.4 | 24.1 | 23.8 | 23.5 | 23.3 | 23.3 | 24.4 | 26.4 | 28.2  | 29.9  | 30.9  | 31.3  | 31.7  | 31.6  | 31.0  | 30.2  | 29.2  | 27.9  | 26.9  | 26.3  | 25.9  | 25.5  | 25.1  | 27.1 | 23.3 | 31.7 | 8.4  |
|       | nov.  | 22.7 | 22.4 | 22.1 | 21.8 | 21.5 | 21.2 | 21.2 | 22.2 | 24.4 | 26.7  | 28.6  | 29.9  | 30.5  | 30.9  | 31.0  | 30.7  | 29.7  | 27.9  | 26.3  | 25.3  | 24.8  | 24.3  | 23.8  | 23.3  | 25.5 | 21.2 | 31.0 | 9.8  |
|       | dic.  | 21.3 | 20.8 | 20.4 | 20.1 | 19.8 | 19.6 | 19.5 | 20.5 | 22.7 | 25.0  | 26.7  | 27.9  | 28.7  | 29.0  | 28.9  | 28.1  | 26.8  | 25.3  | 24.1  | 23.3  | 22.7  | 22.3  | 21.9  | 21.5  | 23.6 | 19.5 | 29.0 | 9.5  |
| 2005  | ene.  | 20.3 | 19.8 | 19.3 | 18.9 | 18.6 | 18.3 | 18.2 | 19.9 | 22.8 | 25.3  | 27.1  | 28.4  | 29.2  | 29.6  | 29.7  | 28.8  | 27.3  | 25.5  | 24.0  | 23.0  | 22.4  | 21.8  | 21.3  | 20.7  | 23.3 | 18.2 | 29.7 | 11.4 |
|       | feb.  | 21.7 | 21.1 | 20.6 | 20.1 | 19.7 | 19.3 | 19.3 | 21.5 | 24.2 | 26.6  | 28.4  | 29.7  | 30.6  | 31.2  | 31.0  | 29.9  | 28.3  | 26.3  | 24.9  | 24.0  | 23.5  | 23.0  | 22.6  | 22.1  | 24.6 | 19.3 | 31.2 | 11.9 |
|       | mar.  | 22.4 | 21.9 | 21.6 | 21.2 | 21.0 | 20.7 | 21.3 | 23.3 | 25.6 | 27.6  | 29.5  | 30.8  | 31.8  | 32.4  | 32.0  | 30.7  | 29.1  | 27.4  | 25.7  | 25.0  | 24.5  | 24.0  | 23.6  | 23.2  | 25.7 | 20.7 | 32.4 | 11.7 |
|       | abr.  | 23.6 | 23.1 | 22.6 | 22.2 | 21.9 | 21.8 | 23.1 | 25.5 | 27.7 | 29.7  | 31.4  | 32.8  | 33.8  | 34.1  | 33.7  | 32.4  | 30.9  | 29.1  | 27.6  | 26.7  | 26.1  | 25.4  | 24.8  | 24.3  | 27.3 | 21.8 | 34.1 | 12.4 |
|       | may   | 25.1 | 24.7 | 24.3 | 24.0 | 23.7 | 23.8 | 25.2 | 27.3 | 29.4 | 31.4  | 33.2  | 34.4  | 35.3  | 35.2  | 33.8  | 32.0  | 30.2  | 28.8  | 27.6  | 26.9  | 26.6  | 26.2  | 25.8  | 25.4  | 28.3 | 23.7 | 35.3 | 11.6 |
|       | jun.  | 25.0 | 24.8 | 24.6 | 24.5 | 24.4 | 24.6 | 26.0 | 27.7 | 29.2 | 30.7  | 32.0  | 32.9  | 33.2  | 32.6  | 31.8  | 30.5  | 29.6  | 28.7  | 27.9  | 27.1  | 26.5  | 26.1  | 25.7  | 25.4  | 28.0 | 24.4 | 33.2 | 8.9  |
| Media |       | 23.6 | 23.2 | 22.8 | 22.5 | 22.2 | 22.0 | 22.5 | 24.1 | 26.4 | 28.4  | 30.1  | 31.3  | 32.1  | 32.4  | 32.0  | 30.9  | 29.6  | 28.1  | 26.8  | 25.9  | 25.3  | 24.9  | 24.4  | 24.0  | 26.5 | 22.0 | 32.4 | 10.4 |

Los valores de la tabla fueron obtenidas de las temperaturas medias de las tablas de promedios horarios de temperatura (tablas de la 9a a 9l).

## 4.2. DIFERENCIAS HORARIAS ENTRE LAS MÁXIMAS TEMPERATURAS URBANAS Y LAS DEL MEDIO RURAL

De acuerdo con la Asociación Internacional para el Clima Urbano, la intensidad de la isla de calor es la diferencia entre la mayor temperatura registrada

en un medio urbano y la temperatura registrada en el medio no urbano de sus alrededores (IAUC, 2004: 15).

La tabla 14 muestra la variabilidad de la intensidad de la isla de calor urbano. Cada hora, una estación está registrando una temperatura mayor que las restantes y otra está registrando una menor; las mínimas diferencias entre esas máximas y esas mínimas se presentan alrededor de las 9:00 y las máximas alrededor de las 18:00 horas.

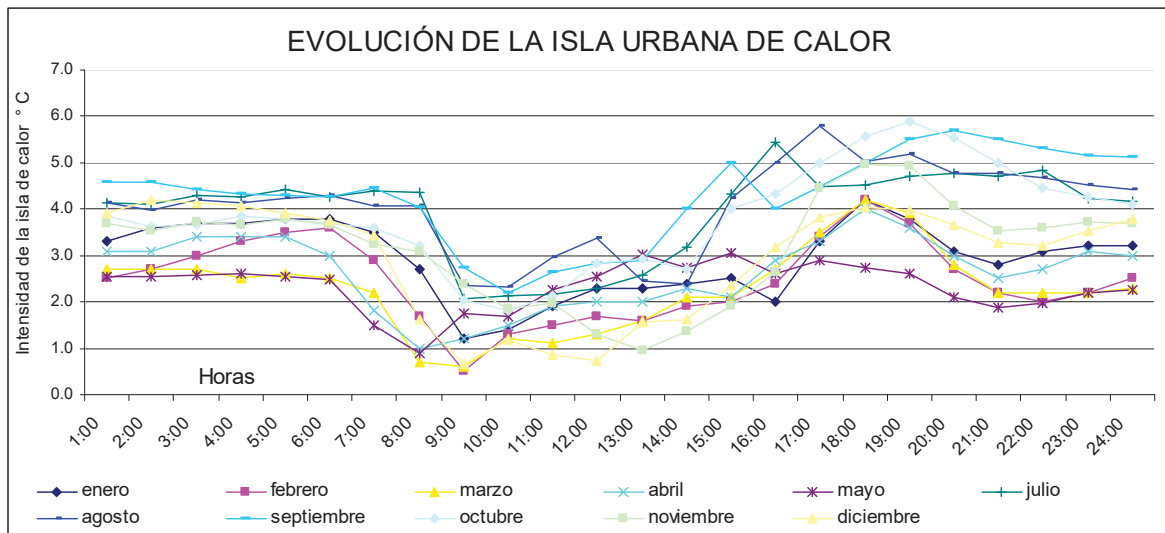
La menor intensidad de la isla de calor fue de 3.1 y se registró en mayo, la mayor de 5.9 y se registró en octubre; el promedio de todas las máximas diferencias mensuales fue de 4.7 grados C.

Tabla 14. Diferencias horarias entre las máximas temperaturas urbanas y las del medio rural

| AÑO         |            | 1:00 | 2:00 | 3:00 | 4:00 | 5:00 | 6:00 | 7:00 | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 | 24:00 | med | min | max | °C  |
|-------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|
| 2005        | enero      | 3.3  | 3.6  | 3.7  | 3.7  | 3.8  | 3.8  | 3.5  | 2.7  | 1.2  | 1.4   | 1.9   | 2.3   | 2.3   | 2.4   | 2.5   | 2.0   | 3.3   | 4.2   | 3.8   | 3.1   | 2.8   | 3.1   | 3.2   | 3.2   | 3.0 | 1.2 | 4.2 | 3.0 |
|             | febrero    | 2.5  | 2.7  | 3.0  | 3.3  | 3.5  | 3.6  | 2.9  | 1.7  | 0.5  | 1.3   | 1.5   | 1.7   | 1.6   | 1.9   | 2.0   | 2.4   | 3.4   | 4.2   | 3.7   | 2.7   | 2.2   | 2.0   | 2.2   | 2.5   | 2.5 | 0.5 | 4.2 | 3.7 |
|             | marzo      | 2.7  | 2.7  | 2.7  | 2.5  | 2.6  | 2.5  | 2.2  | 0.7  | 0.6  | 1.2   | 1.1   | 1.3   | 1.6   | 2.1   | 2.1   | 2.7   | 3.5   | 4.2   | 3.9   | 2.8   | 2.2   | 2.2   | 2.2   | 2.3   | 2.3 | 0.6 | 4.2 | 3.6 |
|             | abril      | 3.1  | 3.1  | 3.4  | 3.4  | 3.4  | 3.0  | 1.8  | 1.0  | 1.2  | 1.5   | 1.9   | 2.0   | 2.0   | 2.3   | 2.1   | 2.9   | 3.3   | 4.0   | 3.6   | 3.0   | 2.5   | 2.7   | 3.1   | 3.0   | 2.6 | 1.0 | 4.0 | 3.0 |
|             | mayo       | 2.6  | 2.5  | 2.6  | 2.6  | 2.5  | 2.5  | 1.5  | 0.9  | 1.7  | 1.7   | 2.3   | 2.5   | 3.0   | 2.7   | 3.1   | 2.6   | 2.9   | 2.8   | 2.6   | 2.1   | 1.9   | 2.0   | 2.2   | 2.2   | 2.3 | 0.9 | 3.1 | 2.2 |
|             | junio      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |     |     |     |
| 2004        | julio      | 4.1  | 4.1  | 4.3  | 4.3  | 4.4  | 4.3  | 4.4  | 4.4  | 2.1  | 2.1   | 2.2   | 2.3   | 2.6   | 3.2   | 4.3   | 5.4   | 4.5   | 4.5   | 4.7   | 4.8   | 4.7   | 4.8   | 4.2   | 4.2   | 4.0 | 2.1 | 5.4 | 3.4 |
|             | agosto     | 4.1  | 4.0  | 4.2  | 4.1  | 4.2  | 4.3  | 4.1  | 4.1  | 2.3  | 2.3   | 2.9   | 3.4   | 2.4   | 2.4   | 4.2   | 5.0   | 5.8   | 5.0   | 5.2   | 4.8   | 4.8   | 4.7   | 4.5   | 4.4   | 4.1 | 2.3 | 5.8 | 3.5 |
|             | septiembre | 4.6  | 4.6  | 4.4  | 4.3  | 4.3  | 4.3  | 4.5  | 4.0  | 2.7  | 2.2   | 2.7   | 2.8   | 2.9   | 4.0   | 5.0   | 4.0   | 4.5   | 5.0   | 5.5   | 5.7   | 5.5   | 5.3   | 5.1   | 5.1   | 4.3 | 2.2 | 5.7 | 3.5 |
|             | octubre    | 3.9  | 3.6  | 3.7  | 3.8  | 3.8  | 3.7  | 3.6  | 3.2  | 2.0  | 1.8   | 2.1   | 2.8   | 2.9   | 2.7   | 4.0   | 4.3   | 5.0   | 5.6   | 5.9   | 5.5   | 5.0   | 4.5   | 4.3   | 4.1   | 3.8 | 1.8 | 5.9 | 4.1 |
|             | noviembre  | 3.7  | 3.5  | 3.7  | 3.7  | 3.8  | 3.6  | 3.3  | 3.1  | 2.4  | 1.9   | 2.0   | 1.3   | 1.0   | 1.4   | 1.9   | 2.7   | 4.5   | 5.0   | 4.9   | 4.1   | 3.5   | 3.6   | 3.7   | 3.7   | 3.2 | 1.0 | 5.0 | 4.0 |
|             | diciembre  | 3.9  | 4.2  | 4.1  | 4.1  | 3.9  | 3.8  | 3.4  | 1.6  | 0.7  | 1.2   | 0.9   | 0.7   | 1.6   | 1.6   | 2.3   | 3.2   | 3.8   | 4.0   | 4.0   | 3.7   | 3.3   | 3.2   | 3.5   | 3.8   | 2.9 | 0.7 | 4.2 | 3.6 |
| Promedios = |            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 3.2   | 1.3 | 4.7 | 3.4 |     |

En la Gráfica 8 se muestra la evolución de la intensidad de la isla de calor de cada mes. Puede apreciarse su variabilidad mensual y su evolución diaria.

En términos generales, alrededor del horario de la salida del sol la intensidad es alta, pero se iniciará un proceso rápido de disminución hasta alcanzar valores mínimos en torno de las 9:00 horas; a partir de entonces, la intensidad permanecerá casi constante, con un leve ascenso que culminará a las 14:00 horas; seguirá un ascenso rápido, alcanzando su mayor intensidad aproximadamente a las 18:00 horas; desde este momento permanecerá más o menos constante, aunque con un leve descenso hasta el amanecer del día siguiente, cuando empezará nuevamente el ciclo.



Gráfica 8. Evolución de la isla Urbana de calor

### 4. 3. VARIABILIDAD POR ZONAS

En esta sección se presentan los datos horarios de temperatura registrados en cada zona y se hace una comparación con las condiciones de la estación Ceiba, representativas de las condiciones del entorno no urbano.

#### 4.3.1. Zona Térmica Urbana 1

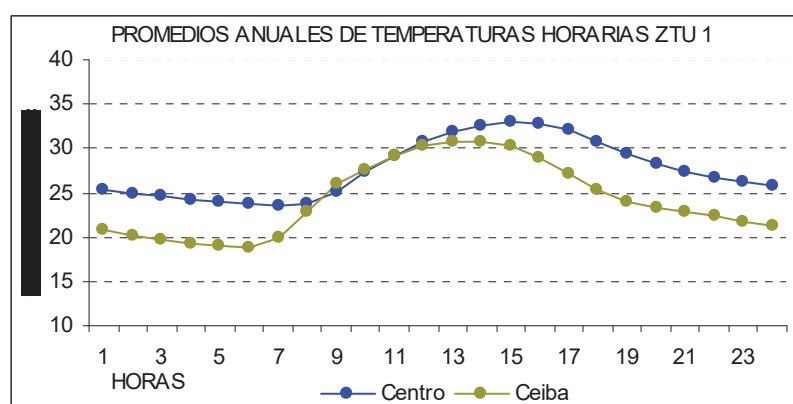
Las mediciones en esta ZTU se hicieron en la estación Centro, ubicada en el centro histórico y geométrico de la ciudad. Los espacios son lo que se denomina en el campo de la climatología urbana “cañones urbanos”. Éstos se caracterizan por estar limitados lateralmente por edificios entre medianeras, hechos con materiales de elevada masa térmica, y horizontalmente por el suelo totalmente cubierto por asfalto o concreto. De tal manera, la vegetación es prácticamente nula y la permeabilidad para el aire en sentido transversal es escasa debido a la continuidad de las fachadas; igualmente es escasa la permeabilidad al agua, en sentido ascendente y descendente, por el tipo de coberturas del suelo.

#### 4.3.1.1. Promedios anuales

La Tabla 15 y la Gráfica 9 presentan una comparación de las temperaturas promedio anuales de la estación Centro con las de la Ceiba, que registra las temperaturas representativas del medio no urbano. El promedio de las diferencias horarias es de 3.4 grados C, pero en el período de ascenso rápido de temperatura, después de la salida del sol hasta poco después de la culminación, son prácticamente iguales; la máxima diferencia se presenta alrededor de las 18:00 horas y es de 5.6 grados C.

Tabla 15. Datos comparativos de las temperaturas de las estaciones Centro y la Ceiba

| ANUAL      | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | Med  | Min  | Máx  |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Centro     | 25.4 | 25.0 | 24.6 | 24.3 | 24.0 | 23.7 | 23.5 | 23.7 | 25.1 | 27.3 | 29.2 | 30.7 | 31.8 | 32.5 | 33.0 | 32.8 | 32.1 | 30.8 | 29.5 | 28.2 | 27.3 | 26.7 | 26.3 | 25.9 | 27.6 | 23.5 | 33.0 |
| Ceiba      | 20.7 | 20.2 | 19.7 | 19.2 | 18.9 | 18.7 | 19.8 | 23.0 | 26.0 | 27.7 | 29.2 | 30.2 | 30.8 | 30.8 | 30.2 | 29.0 | 27.1 | 25.3 | 24.0 | 23.3 | 22.9 | 22.4 | 21.8 | 21.3 | 24.3 | 18.7 | 30.8 |
| Diferencia | 4.7  | 4.8  | 5.0  | 5.0  | 5.1  | 4.9  | 3.7  | 0.8  | -0.9 | -0.4 | 0.1  | 0.5  | 1.0  | 1.7  | 2.8  | 3.8  | 5.0  | 5.6  | 5.5  | 4.8  | 4.4  | 4.3  | 4.5  | 4.6  | 3.4  | -0.9 | 5.6  |



Gráfica 9. Promedios horarios del período estudiado en las estaciones Centro y la Ceiba. Ésta es la estación representativa de las condiciones no urbanas. Las curvas muestran las diferencias de temperatura y el desfase térmico.

#### 4.3.1.2. Promedios mensuales

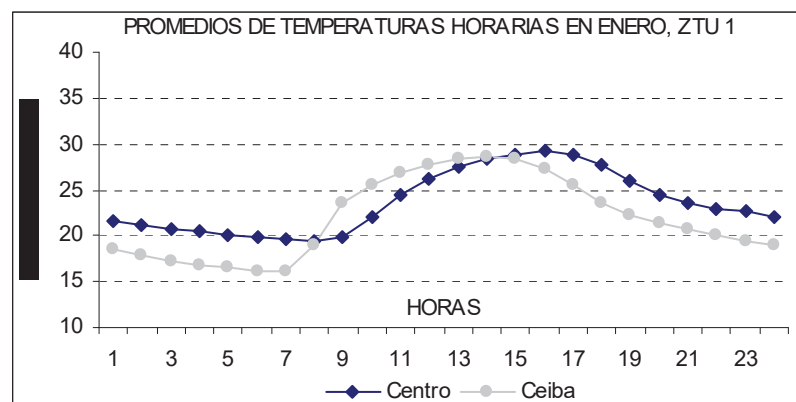
En las gráficas de la 7a a la 7l se puede observar que existe notoria diferencia durante el transcurso del año entre las temperaturas de la estación centro y las otras estaciones, con diferentes características durante el período húmedo y el seco; este último comprende el período fresco y cálido seco. Durante el período húmedo, de julio a octubre, todas las temperaturas horarias del centro son superiores a las de las otras estaciones. Éstas, por el contrario, no presentan

grandes diferencias entre sí. En los meses más húmedos y secos, de noviembre a junio, la condición es otra ya que existe poca diferencia entre todas, incluida la estación Centro. En ésta no se alcanza la máxima temperatura de toda la ciudad en estos meses e incluso, por unas horas, sus temperaturas son menores que las de las estaciones restantes, lo cual sucede desde la salida del sol hasta poco después de su culminación.

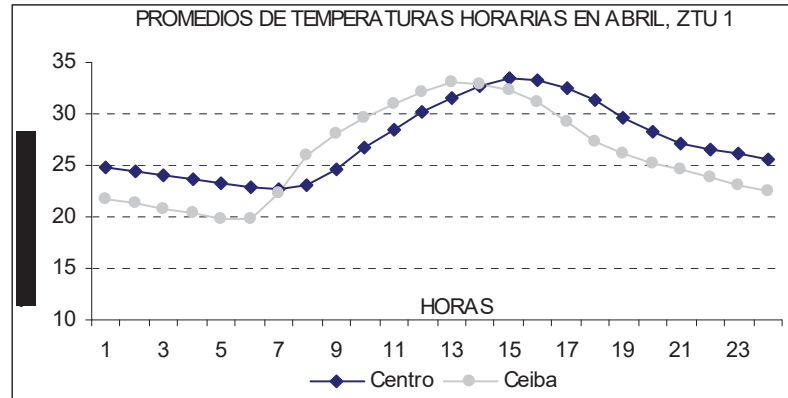
Durante enero, las diferencias de temperatura entre la estación Centro y la Ceiba son menores que en los otros meses: 1.7 grados C la temperatura promedio, -3.8 la mínima, indicando el signo menos que en ese momento la temperatura es mayor en la Ceiba que en la estación Centro; la máxima diferencia entre las dos estaciones en este mes es de 4.2 grados C.

Sin embargo, en agosto las diferencias son grandes: 4 grados C la temperatura promedio, 1.6 la mínima y 5.8 grados C la máxima.

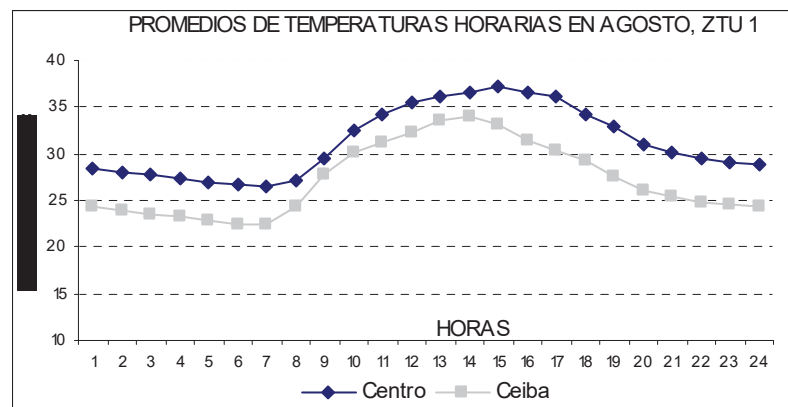
La principal diferencia climática entre el período seco y el cálido húmedo es la cantidad de humedad absoluta aportada por las lluvias. La impermeabilidad del suelo y el drenaje artificial de la zona centro son la causa de que se conserve seca, incluso durante el período húmedo. Por tal razón el subsuelo de esa zona no es una fuente de aportación constante de humedad y, por tanto, de enfriamiento por evaporación, lo que puede interpretarse como la causa del comportamiento dispar, descrito anteriormente en esta sección, entre el período seco y el húmedo.



10a. Enero 2005



10b. Abril, 2005



10c. Agosto, 2004

Gráficas de la 10a a la 10c. Comparación de las temperaturas de la ZTU1 y la Ceiba. Comparación en un mes fresco (enero), en uno cálido seco (abril) y en otro cálido húmedo (agosto). En las dos primeras se entrecruzan las curvas, en la última siempre es superior la de la estación Centro.

#### 4.3.2. Zona Térmica Urbana 2

Agrupar a las estaciones García Ginerés, en la colonia del mismo nombre, y la Alianza Francesa en la colonia México. Están ubicadas equidistantemente del centro de la ciudad, a la mitad de la distancia entre éste y el anillo periférico. En ambas colonias predominan lotes grandes, con viviendas grandes que no presentan contigüidad ni entre sí ni con el pavimento de la vía pública, puesto que casi todas cuentan con jardines que las rodean por completo, a diferencia de lo que sucede en el centro. En los ambientes térmicos coexisten, en proporción más o menos igual, viviendas y vegetación, de tal manera que los materiales artificiales no son los predominantes como en la ZTU 1, analizada anteriormente.

Por tales características existe flujo del aire entre las edificaciones, por lo que prevalece una mezcla homogénea de las temperaturas del nivel sitio. Igualmente, existe gran permeabilidad a la humedad a través del suelo, por la cantidad de superficie no cubierta que lo posibilita.

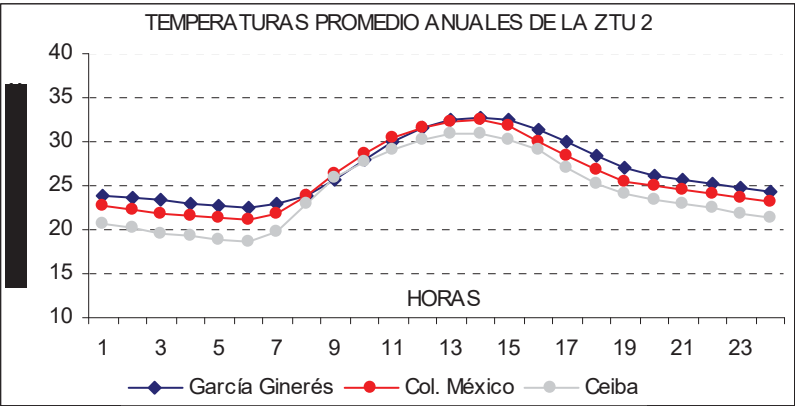
Una de las diferencias principales entre estas dos colonias es su posición respecto de los vientos dominantes: la colonia García Ginerés se encuentra al poniente, por lo que recibe los vientos predominantes después que han recorrido media ciudad y el centro histórico; mientras la colonia México se encuentra ubicada al norte y los vientos no pasan por el centro antes de llegar ahí.

4.3.2.1. Promedios anuales

En la Tabla 16 y la Gráfica 11 se pueden comparar los promedios de las temperaturas horarias de las estaciones García Ginerés y Alianza Francesa entre sí y respecto de la estación la Ceiba, representativa de las condiciones de los alrededores no urbanos.

Tabla 16. Variaciones horarias anuales de las estaciones G. Ginerés, Alianza Francesa y la Ceiba

| ANUAL            | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | med  | Min  | Max  |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| García Ginerés   | 23.9 | 23.7 | 23.3 | 23.0 | 22.8 | 22.6 | 23.0 | 23.9 | 25.7 | 28.0 | 30.1 | 31.5 | 32.4 | 32.8 | 32.5 | 31.3 | 30.0 | 28.4 | 27.1 | 26.2 | 25.6 | 25.1 | 24.8 | 24.4 | 26.7 | 22.6 | 32.8 |
| Alianza Francesa | 22.7 | 22.3 | 21.9 | 21.6 | 21.3 | 21.1 | 21.7 | 23.9 | 26.3 | 28.6 | 30.4 | 31.5 | 32.4 | 32.6 | 31.9 | 30.0 | 28.4 | 26.8 | 25.5 | 24.9 | 24.5 | 24.1 | 23.7 | 23.2 | 25.9 | 21.1 | 32.6 |
| Ceiba            | 20.7 | 20.2 | 19.7 | 19.2 | 18.9 | 18.7 | 19.8 | 23.0 | 26.0 | 27.7 | 29.2 | 30.2 | 30.8 | 30.8 | 30.2 | 29.0 | 27.1 | 25.3 | 24.0 | 23.3 | 22.9 | 22.4 | 21.8 | 21.3 | 24.3 | 18.7 | 30.8 |



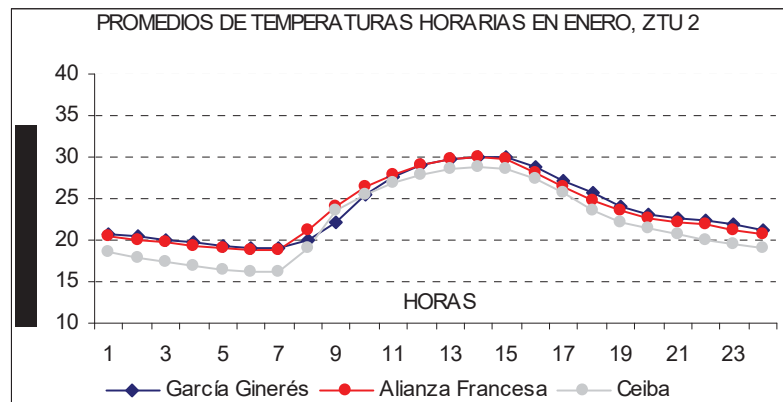
Gráfica 11. Comparación de temperaturas de la ZTU 2

Las temperaturas en ambas estaciones de la zona son semejantes, pero en promedio y en ciertos horarios, a pesar de su gran semejanza morfológica, son

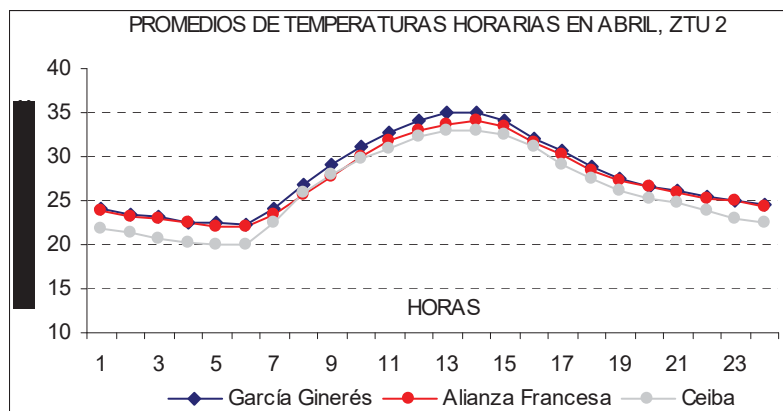
menores las de la Alianza Francesa. La diferencia puede deberse a la posición respecto del centro, ya que los vientos predominantes pasan por éste antes de pasar por la García Ginerés, lo que no sucede con la Alianza Francesa. El promedio anual de las diferencias entre estas estaciones es de apenas 0.9, la mínima diferencia es de 0.7 y la máxima de 1.6 grados C.

#### 4.3.2.2. Promedios mensuales

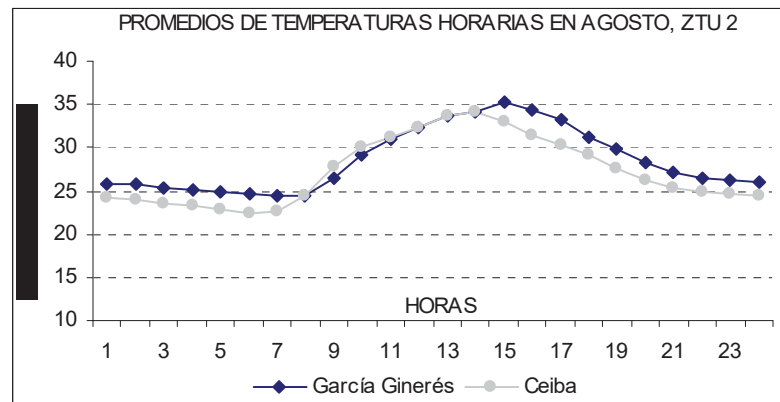
Nuevamente se presentan las gráficas de enero, abril y agosto, que son representativos de los tres períodos estacionales anuales característicos. Durante enero, las diferencias entre las temperaturas de la García Ginerés y de la Colonia México son muy leves; en abril sólo en los horarios de sol se nota una pequeña diferencia. Comparadas con las temperaturas de la estación la Ceiba, la relación de las dos es semejante para todos los meses; las diferencias promedio son de alrededor de 1.8 grados C y las máximas de 3 grados C.



12a. Enero, 2005



12b. Abril, 2005



12c. Agosto, 2004

Gráficas de la 12a a la 12c. Comparación de las temperaturas de la ZTU2 y la Ceiba en un mes fresco, enero, en uno cálido seco, abril, y en otro cálido húmedo, agosto. De este mes no se cuenta con datos en la estación Alianza Francesa

#### 4.3.3. Zona Térmica Urbana 3

Agrupar las estaciones Díaz Ordaz, Plaza Dorada, Regional de la CONAGUA, Emiliano Zapata y Miguel Alemán. Se encuentran equidistantes del centro histórico, con densidades de construcción semejantes, aunque diferente posición respecto del recorrido de los vientos dominantes dentro de la zona urbana.

Las estaciones están ubicadas en colonias completamente pobladas y a la mitad de la distancia entre el centro y el anillo periférico. Los edificios son principalmente casas habitación en terrenos que son medianos en comparación con los de las colonias de la ZTU 2, que son grandes, y de los fraccionamientos nuevos que son de dimensiones mínimas reglamentarias. La presencia de vegetación es notoria; las viviendas, en su mayoría, están separadas unas de otras y de la vía pública permitiendo gran permeabilidad al viento y al agua, por lo que el aire se mezcla continuamente a diferencia de lo que ocurre en el centro histórico; es una situación intermedia entre la impermeabilidad de éste y de las zonas limítrofes en donde el viento solamente es frenado por la rugosidad de la vegetación.

### 4.3.3.1. Promedios anuales

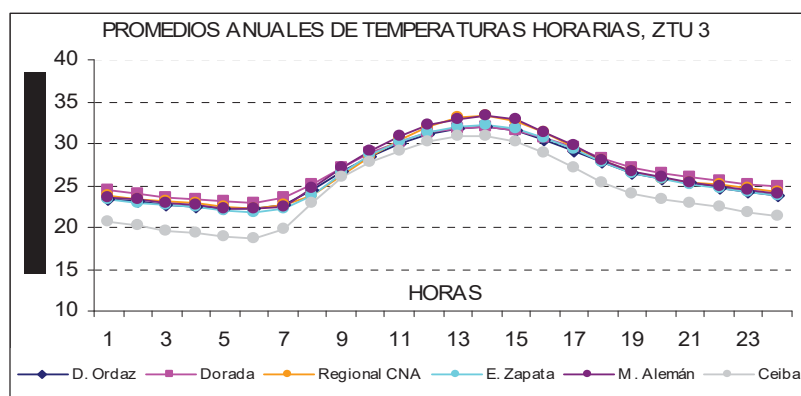
Con la Tabla 17 y la Gráfica 13 se pueden comparar entre sí los promedios de las temperaturas horarias de las estaciones Díaz Ordaz, Plaza Dorada, Regional de la CONAGUA, Emiliano Zapata y Miguel Alemán. También se pueden comparar cada una con la estación la Ceiba, representativa de las condiciones de los alrededores no urbanos. Una de las características más notorias es la reducción de la oscilación de la temperatura en la estación Plaza Dorada.

Las diferencias de temperatura con la Ceiba son semejantes a las encontradas entre ésta y las estaciones de la ZTU 2: son casi iguales en ciertos momentos desde la salida del sol hasta el medio día, pero diferentes en todo el tiempo restante.

La diferencia promedio anual entre las cinco estaciones de la zona es de sólo 1.0 grado C; la mínima es de 0.6 y la máxima de 1.5 grados C. Respecto de la Ceiba la máxima diferencia promedio es de 2.9 grados C, con mínima de 1.2 y máxima de 4.2 grados C.

Tabla 17. Variaciones horarias anuales de las estaciones de la ZTU3.

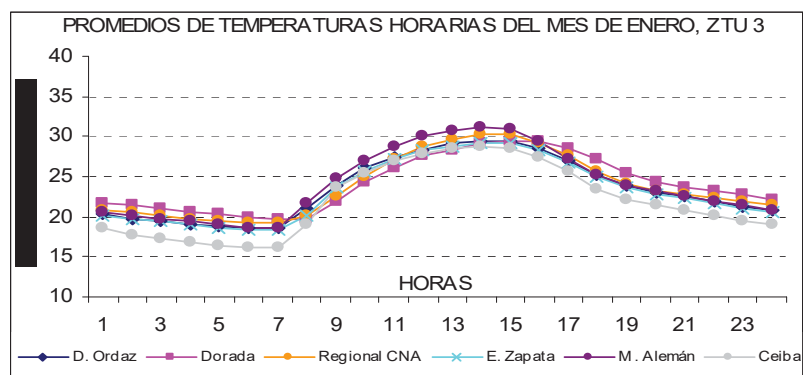
| ANUAL        | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | med  | Min  | Max  |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| D. Ordaz     | 23.4 | 23.1 | 22.8 | 22.5 | 22.3 | 22.1 | 22.6 | 24.4 | 26.7 | 28.5 | 30.0 | 31.1 | 31.7 | 31.9 | 31.5 | 30.4 | 29.1 | 27.7 | 26.5 | 25.7 | 25.2 | 24.8 | 24.3 | 23.8 | 26.3 | 22.1 | 31.9 |
| Dorada       | 24.4 | 24.0 | 23.6 | 23.3 | 23.1 | 23.0 | 23.5 | 25.0 | 27.1 | 28.9 | 30.3 | 31.3 | 31.9 | 32.0 | 31.5 | 30.6 | 29.5 | 28.3 | 27.1 | 26.4 | 25.9 | 25.6 | 25.2 | 24.8 | 26.9 | 23.0 | 32.0 |
| Regional CNA | 23.8 | 23.4 | 23.1 | 22.8 | 22.5 | 22.3 | 22.6 | 23.9 | 26.2 | 28.5 | 30.5 | 32.1 | 33.1 | 33.3 | 32.6 | 31.3 | 29.6 | 28.0 | 26.6 | 25.8 | 25.4 | 25.0 | 24.6 | 24.2 | 26.7 | 22.3 | 33.3 |
| E. Zapata    | 23.4 | 23.0 | 22.7 | 22.3 | 22.1 | 21.9 | 22.2 | 23.9 | 26.3 | 28.6 | 30.2 | 31.4 | 32.1 | 32.3 | 31.8 | 30.6 | 29.2 | 27.8 | 26.5 | 25.7 | 25.1 | 24.6 | 24.2 | 23.8 | 26.3 | 21.9 | 32.3 |
| M. Alemán    | 23.6 | 23.2 | 22.9 | 22.6 | 22.3 | 22.1 | 22.5 | 24.6 | 27.1 | 29.2 | 30.8 | 32.1 | 33.0 | 33.4 | 32.9 | 31.4 | 29.7 | 28.1 | 26.7 | 25.9 | 25.4 | 24.9 | 24.5 | 24.0 | 26.8 | 22.1 | 33.4 |
| Ceiba        | 20.7 | 20.2 | 19.7 | 19.2 | 18.9 | 18.7 | 19.8 | 23.0 | 26.0 | 27.7 | 29.2 | 30.2 | 30.8 | 30.8 | 30.2 | 29.0 | 27.1 | 25.3 | 24.0 | 23.3 | 22.9 | 22.4 | 21.8 | 21.3 | 24.3 | 18.7 | 30.8 |



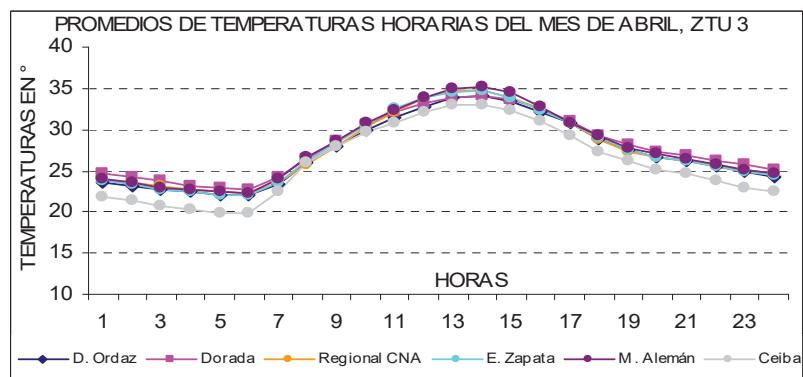
Gráfica 13 Comparación de temperaturas de la ZTU 3

## 4.3.3.2. Promedios mensuales

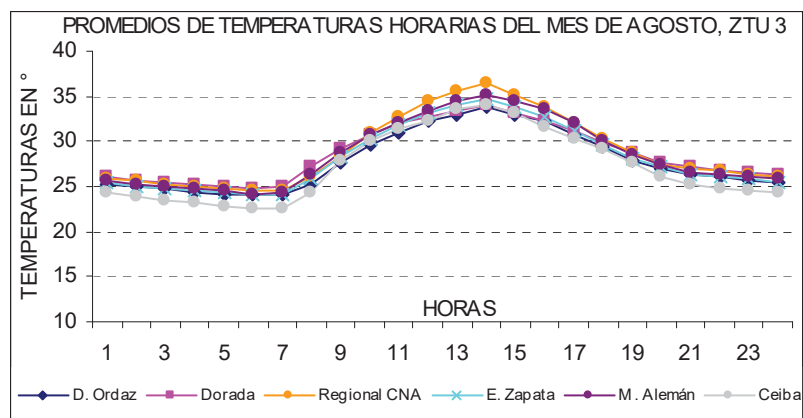
En las gráficas de la 14a a la 14c que corresponde a los meses representativos de los períodos fresco, cálido seco y cálido húmedo se puede apreciar que los cinco sitios de medición de la ZTU3 muestran características térmicas muy semejantes.



14a. Enero, 2005



14b. Abril, 2005



14c. Agosto, 2004

Gráficas de la 14a a la 14c. Comparación de las temperaturas de los sitios de medición de la ZTU3 y de la Ceiba en enero, abril y agosto.

#### 4.3.4. Zona Térmica Urbana 4

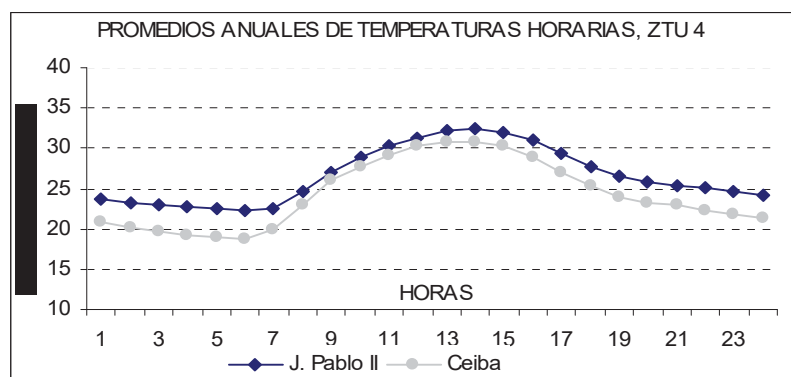
La temperatura de esta zona fue monitoreada en la estación Juan Pablo II que se encuentra en el terreno de una clínica familiar del IMSS, ubicada en el fraccionamiento del mismo nombre, en el poniente de la ciudad, casi colindante con el anillo periférico. En la zona predominan las viviendas de interés social de lotes mínimos con muy poco patio, lo que propicia escasa existencia de vegetación y una gran densidad de construcción y calles asfaltadas. Las casas se encuentran casi juntas pero sin impedir la permeabilidad al aire en sentido horizontal y al agua a través del subsuelo. La estación no se encuentra en el terreno de una vivienda, pero el ambiente es completamente semejante puesto que se ubica a 3m de la calle, a 3m de la clínica (que es de una planta) y enfrente de viviendas que se encuentran al otro lado de la calle.

##### 4.3.4.1. Promedios anuales

En la Tabla 18 y la Gráfica 15 se pueden comparar los promedios de las temperaturas horarias de las estaciones de esta zona con las de la Ceiba. El promedio de las máximas diferencias es de 2.4 grados C, la mínima son 1.1 y la máxima 3.5 grados C.

Tabla 18. Variaciones horarias anuales de la estación Juan Pablo II y la Ceiba

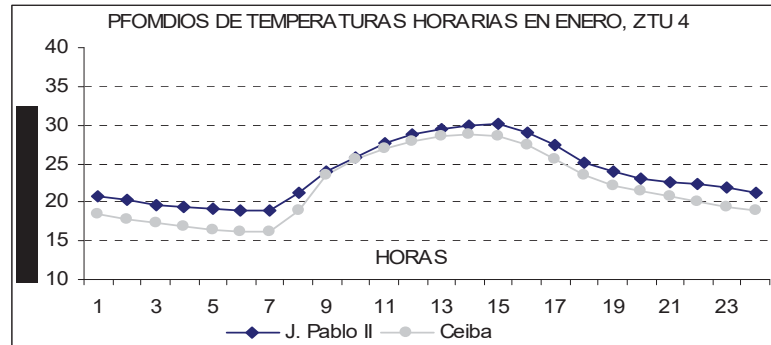
| ANUAL       | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | med  | Min  | Max  |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| J. Pablo II | 23.7 | 23.3 | 23.0 | 22.7 | 22.4 | 22.3 | 22.6 | 24.7 | 27.1 | 28.8 | 30.3 | 31.3 | 32.1 | 32.5 | 32.0 | 31.0 | 29.3 | 27.8 | 26.5 | 25.9 | 25.4 | 25.1 | 24.6 | 24.2 | 26.6 | 22.3 | 32.5 |
| Ceiba       | 20.7 | 20.2 | 19.7 | 19.2 | 18.9 | 18.7 | 19.8 | 23.0 | 26.0 | 27.7 | 29.2 | 30.2 | 30.8 | 30.8 | 30.2 | 29.0 | 27.1 | 25.3 | 24.0 | 23.3 | 22.9 | 22.4 | 21.8 | 21.3 | 24.3 | 18.7 | 30.8 |
| Diferencia  | 3.0  | 3.2  | 3.3  | 3.5  | 3.5  | 3.5  | 2.8  | 1.8  | 1.1  | 1.1  | 1.1  | 1.1  | 1.3  | 1.6  | 1.8  | 2.0  | 2.2  | 2.5  | 2.5  | 2.5  | 2.5  | 2.7  | 2.8  | 2.9  | 2.4  | 1.1  | 3.5  |



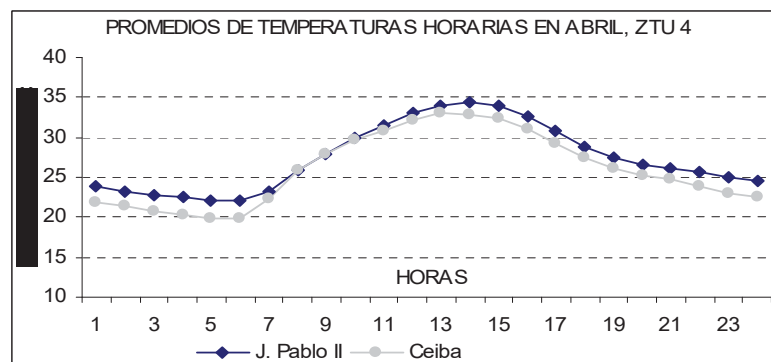
Gráfica 15. Comparación de temperaturas de la ZTU 4

#### 4.3.4.2. Promedios mensuales

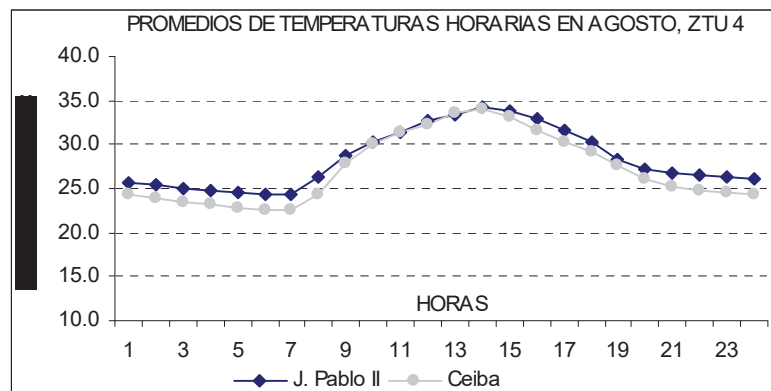
También en el caso de esta zona, se repiten condiciones mensuales semejantes a las que se han analizado. El patrón de la curva comparada con la de la Ceiba es muy semejante a las anteriores, presentándose discrepancias únicamente en la magnitud de las diferencias.



16a. Enero, 2005



16b. Abril, 2005



16c. Agosto, 2004

Gráficas de la 16a a la 16c. Comparación de las temperaturas de la ZTU4 y la Ceiba en enero, abril y agosto

#### 4.3.5. Zona Térmica Urbana 5

Esta ZTU, agrupa las estaciones Observatorio, Linda Vista, Kukulcán y CICY. Se encuentran equidistantes del centro histórico, a tres cuartas partes entre éste y el anillo periférico. En torno de los cuatro sitios, las densidades de construcción son semejantes pero reciben el viento después que ha recorrido tramos de diferente extensión de la ciudad. La estación Observatorio pertenece a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), institución que de manera oficial se encarga, entre otras cosas, de la observación del clima en la República Mexicana; sus datos son los representativos de la región para la red meteorológica mundial, a pesar de que el crecimiento urbano la ha absorbido.

Las estaciones están ubicadas en colonias en proceso de consolidación, a diferencia de las que se encuentran en las otras ZTU analizadas hasta aquí. Los edificios son principalmente casas habitación construidas en terrenos medianos, en comparación con los lotes mínimos de los fraccionamientos actuales y los lotes amplios de la ZTU 2. En el sitio existe importante presencia de vegetación y las viviendas, en su mayoría, están separadas unas de otras y de la vía pública, permitiendo gran permeabilidad al viento y al agua, por lo que el aire no tiene obstáculos para mezclarse continuamente al igual que sucede en la ZTU 3.

##### 4.3.5.1. Promedios anuales

Entre las estaciones de esta zona, las diferencias máximas de las temperaturas horarias son de 1.5 la promedio, 0.3 la mínima y 2.1 grados C la máxima.

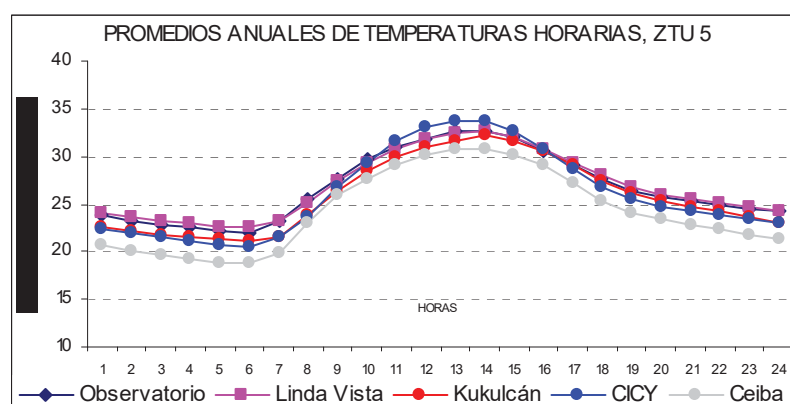
El promedio de las máximas diferencias horarias con la estación la Ceiba es de 2.8 grados C; la mínima diferencia máxima es de 1.7 y la máxima 3.8 grados C. La estación Observatorio y Linda Vista presentan promedios anuales prácticamente iguales, pero CICY y Kukulcán difieren de aquellas y entre sí. Observatorio, Linda Vista y Kukulcán tienen igual oscilación, pero en esta última los registros siempre son menores que en las otras dos, muy probablemente por el

recorrido del viento antes de llegar a cada una. Las temperaturas bajas de la Kukulcán son semejantes a las del CICY, pero ésta presenta la mayor oscilación de las cuatro y sus máximas temperaturas son incluso mayores que las del Observatorio y Linda Vista.

A continuación, se presentan la Tabla 19 y Gráfica 17, que hacen referencia a las variaciones horarias anuales y la comparación de las temperaturas de la ZTU5, respectivamente.

Tabla 19. Variaciones horarias anuales de las estaciones Linda Vista, Kukulcán, CICY y la Ceiba.

| ANUAL        | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | med  | Min  | Max  |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Observatorio | 23.8 | 23.3 | 22.9 | 22.5 | 22.1 | 21.9 | 23.1 | 25.6 | 27.7 | 29.7 | 31.0 | 31.9 | 32.7 | 32.6 | 31.9 | 30.5 | 29.1 | 27.7 | 26.3 | 25.7 | 25.4 | 24.9 | 24.4 | 24.2 | 26.7 | 21.9 | 32.7 |
| Linda Vista  | 24.0 | 23.6 | 23.3 | 23.0 | 22.7 | 22.5 | 23.1 | 25.2 | 27.3 | 29.3 | 30.8 | 31.9 | 32.5 | 32.7 | 32.1 | 30.8 | 29.3 | 28.0 | 26.7 | 26.0 | 25.5 | 25.1 | 24.7 | 24.4 | 26.9 | 22.5 | 32.7 |
| Kukulcán     | 22.6 | 22.2 | 21.8 | 21.5 | 21.2 | 21.1 | 21.6 | 23.9 | 26.4 | 28.4 | 29.9 | 31.0 | 31.7 | 32.1 | 31.7 | 30.5 | 29.0 | 27.4 | 26.1 | 25.3 | 24.7 | 24.2 | 23.6 | 23.1 | 25.9 | 21.1 | 32.1 |
| CICY         | 22.5 | 22.0 | 21.6 | 21.2 | 20.7 | 20.6 | 21.5 | 23.7 | 26.7 | 29.4 | 31.6 | 33.0 | 33.8 | 33.7 | 32.7 | 30.8 | 28.7 | 26.8 | 25.4 | 24.7 | 24.3 | 23.8 | 23.4 | 22.9 | 26.1 | 20.6 | 33.8 |
| Ceiba        | 20.7 | 20.2 | 19.7 | 19.2 | 18.9 | 18.7 | 19.8 | 23.0 | 26.0 | 27.7 | 29.2 | 30.2 | 30.8 | 30.8 | 30.2 | 29.0 | 27.1 | 25.3 | 24.0 | 23.3 | 22.9 | 22.4 | 21.8 | 21.3 | 24.3 | 18.7 | 30.8 |



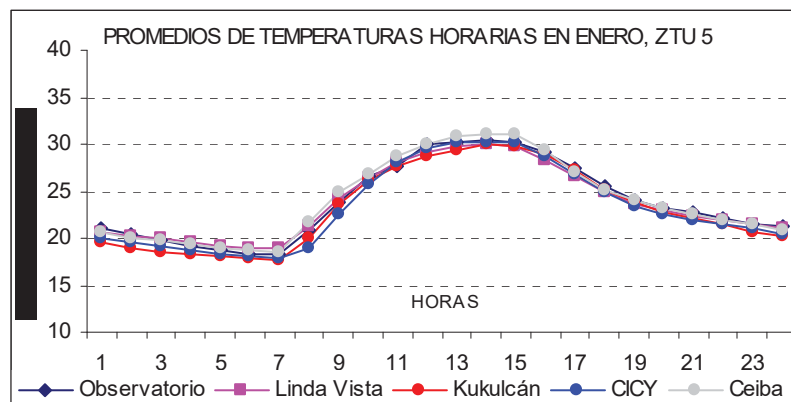
Gráfica 17 Comparación de temperaturas de la ZTU 5

Las diferencias de las temperaturas de estas estaciones con la Ceiba son variables, las menores son las de la Kukulcán y las mayores las de Linda Vista y Observatorio.

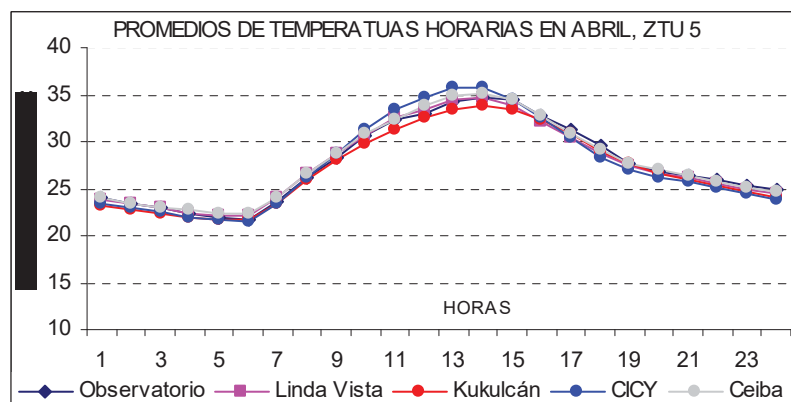
#### 4.3.5.2 Promedios mensuales

Las gráficas de la 18a a la 18c de los promedios horarios de temperatura de los meses representativos muestran dos facetas que no logran apreciarse en la gráfica anual: las de enero y abril muestran muy poca variación entre las estaciones, incluida la Ceiba que por algunos momentos llega a registrar mayores

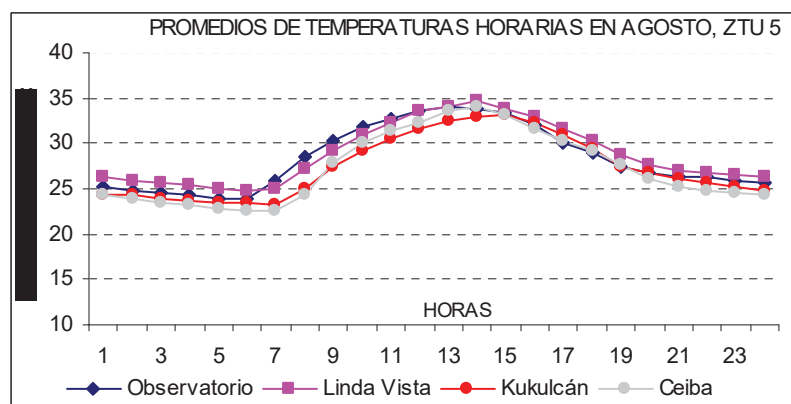
temperaturas que las otras cuatro; pero en agosto, las diferencias de unas con otras son claramente más variadas.



18a. Enero, 2005



18b. Abril, 2005



18c. Agosto

Gráficas de la 18a a 18c. Comparación de las temperaturas de las estaciones de la ZTU5 y la de la Ceiba en un mes del período fresco, enero; en uno cálido seco, abril, y en uno cálido húmedo, agosto.

### 4.3.6. Zona Térmica Urbana 6

Agrupar a las estaciones PROSEY, Imperial, SEDENA y FIUADY. Las estaciones en diferentes puntos cardinales están contiguas o muy cercanas al anillo periférico, que prácticamente es el borde de la ciudad. Las zonas que integran la ZTU 6 tienen características del medio no urbano. Predomina la vegetación y es muy escasa la presencia de construcciones, por lo que existe gran permeabilidad del aire y del agua.

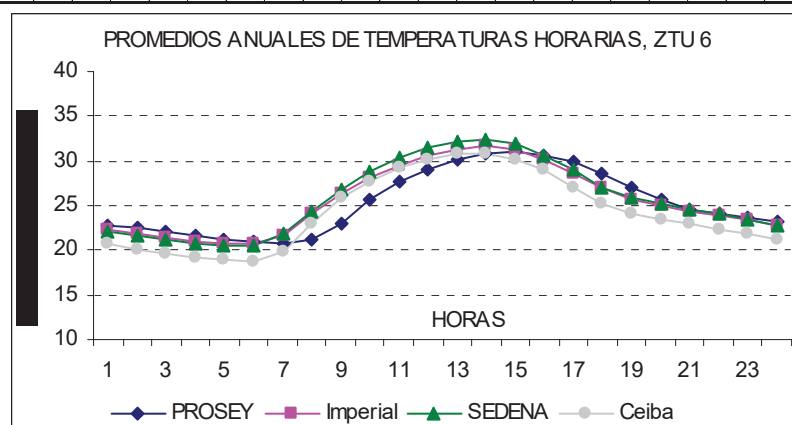
#### 4.3.6.1. Promedios anuales

Las tres estaciones de la ZTU6 y la de la Ceiba presentan una gran semejanza en sus condiciones medias y extremas, pero existe un desfase de aproximadamente una hora entre el comportamiento térmico en PROSEY y las otras tres. Una explicación probable es el recorrido del aire antes de llegar a cada una, pero se requeriría más estudio para afirmarlo puesto que no se encuentran en los lados opuestos de la trayectoria de los vientos dominantes cuando entran y salen de la ciudad.

En la Tabla 20 y Gráfica 19 se presentan las variaciones horarias anuales de las estaciones en esta zona, así como la comparación de la temperatura de las mismas.

Tabla 20. Variaciones horarias anuales de las estaciones PROSEY, Imperial, SEDENA Y la Ceiba.

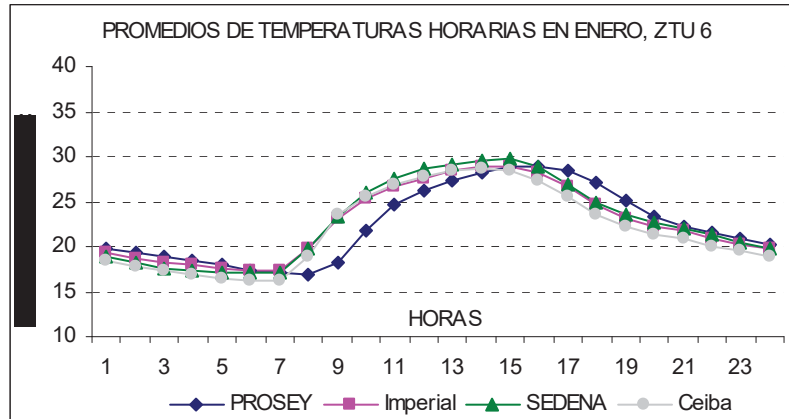
| ANUAL    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | med  | Min  | Max  |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| PROSEY   | 22.8 | 22.4 | 22.0 | 21.6 | 21.3 | 20.9 | 20.7 | 21.2 | 23.0 | 25.6 | 27.6 | 29.1 | 30.1 | 30.8 | 31.1 | 30.6 | 29.8 | 28.6 | 27.1 | 25.6 | 24.6 | 24.0 | 23.6 | 23.2 | 25.3 | 20.7 | 31.1 |
| Imperial | 22.3 | 21.8 | 21.4 | 21.0 | 20.7 | 20.7 | 21.6 | 24.0 | 26.4 | 28.1 | 29.5 | 30.6 | 31.4 | 31.6 | 31.2 | 30.1 | 28.7 | 27.1 | 25.7 | 24.9 | 24.4 | 23.8 | 23.3 | 22.8 | 25.5 | 20.7 | 31.6 |
| SEDENA   | 22.1 | 21.6 | 21.2 | 20.8 | 20.6 | 20.6 | 21.8 | 24.4 | 26.8 | 28.9 | 30.4 | 31.4 | 32.2 | 32.4 | 31.9 | 30.6 | 28.9 | 27.1 | 25.9 | 25.2 | 24.6 | 24.0 | 23.4 | 22.7 | 25.8 | 20.6 | 32.4 |
| Ceiba    | 20.7 | 20.2 | 19.7 | 19.2 | 18.9 | 18.7 | 19.8 | 23.0 | 26.0 | 27.7 | 29.2 | 30.2 | 30.8 | 30.8 | 30.2 | 29.0 | 27.1 | 25.3 | 24.0 | 23.3 | 22.9 | 22.4 | 21.8 | 21.3 | 24.3 | 18.7 | 30.8 |



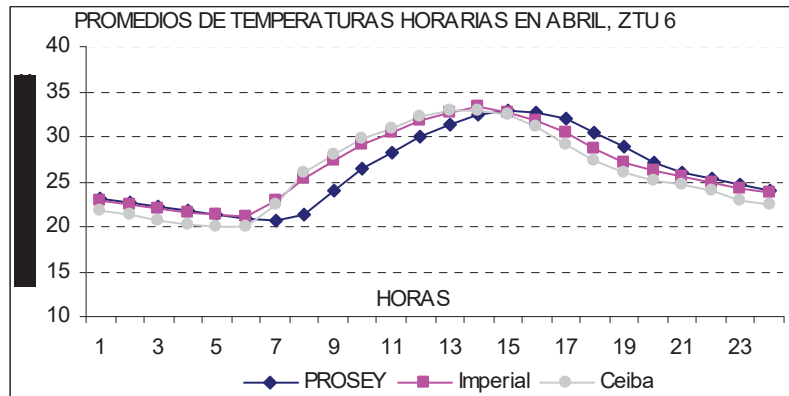
Gráfica 19. Comparación de temperaturas de la ZTU 6

#### 4.3.6.2 Promedios mensuales

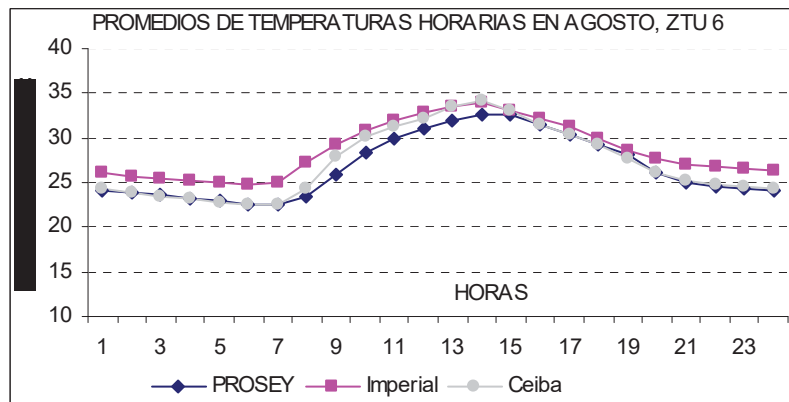
Las gráficas de los promedios mensuales muestran condiciones térmicas muy semejantes a las condiciones anuales para los tres meses analizados.



20a. Enero, 2005



20b. Abril, 2005



20c. Agosto, 2004

Gráficas de la 20a a la 20c. Comparación de las temperaturas de la ZTU6 y la Ceiba en los meses de enero, abril y agosto

### 4.3.7. Zona Térmica Urbana 7

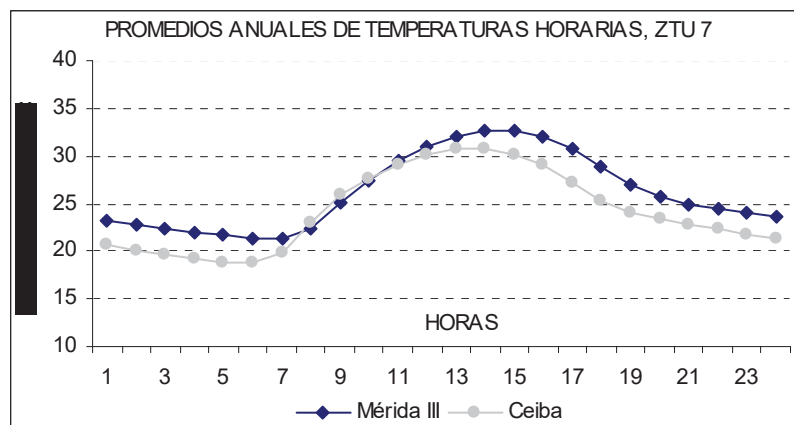
La estación de esta zona se encuentra en el sitio de monitoreo atmosférico de la planta de generación de electricidad Mérida III, que se encuentra ubicada en el suroeste de la ciudad junto al anillo periférico. El lugar presenta pocas alteraciones del medio, de manera muy semejante a las condiciones de la ZTU6. La construcción más cercana, ubicada a 400 m aproximadamente, es la propia planta generadora que se encuentra en el lado opuesto de los vientos dominantes respecto del equipo de medición y la ciudad.

#### 4.3.7.1. Promedios anuales

En la Tabla 21 y Gráfica 21 se presentan las diferencias de la temperatura de la estación Mérida III respecto de la Ceiba, que son de 1.9 grados C en promedio, -0.9 la mínima y 3.7 grados C la máxima. Aunque la estación se encuentra en el borde del anillo periférico, sus temperaturas son mayores que las de la estación la Ceiba, a diferencia de lo que ocurre con las estaciones de la ZTU 6 en posición relativa semejante. Mérida III presenta desfase en la ocurrencia de las temperaturas extremas y otros momentos de inflexión de su gráfica, igual que la estación PROSEY.

Tabla 21. Variaciones horarias anuales de las estaciones Mérida III y la Ceiba.

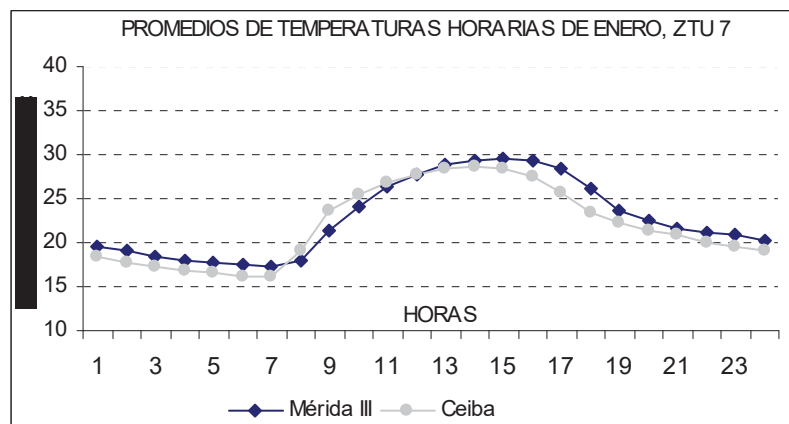
| ANUAL      | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | med  | Min  | Max  |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Mérida III | 23.2 | 22.7 | 22.3 | 21.9 | 21.7 | 21.4 | 21.4 | 22.5 | 25.1 | 27.5 | 29.4 | 30.9 | 31.9 | 32.6 | 32.6 | 32.0 | 30.7 | 28.9 | 27.1 | 25.7 | 24.9 | 24.5 | 24.0 | 23.6 | 26.2 | 21.4 | 32.6 |
| Ceiba      | 20.7 | 20.2 | 19.7 | 19.2 | 18.9 | 18.7 | 19.8 | 23.0 | 26.0 | 27.7 | 29.2 | 30.2 | 30.8 | 30.8 | 30.2 | 29.0 | 27.1 | 25.3 | 24.0 | 23.3 | 22.9 | 22.4 | 21.8 | 21.3 | 24.3 | 18.7 | 30.8 |
| Diferencia | 2.4  | 2.5  | 2.6  | 2.7  | 2.7  | 2.7  | 1.6  | -0.5 | -0.9 | -0.2 | 0.3  | 0.7  | 1.1  | 1.8  | 2.4  | 3.0  | 3.6  | 3.7  | 3.1  | 2.4  | 2.1  | 2.1  | 2.2  | 2.4  | 1.9  | -0.9 | 3.7  |



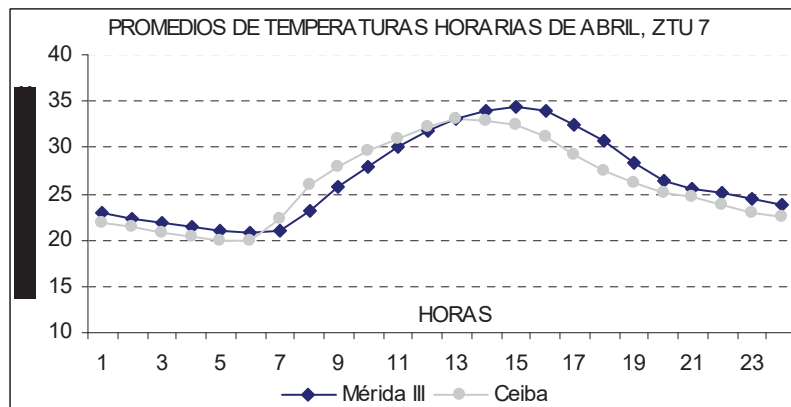
Gráfica 21. Comparación de temperaturas de la ZTU 7

#### 4.3.7.2 Promedios mensuales

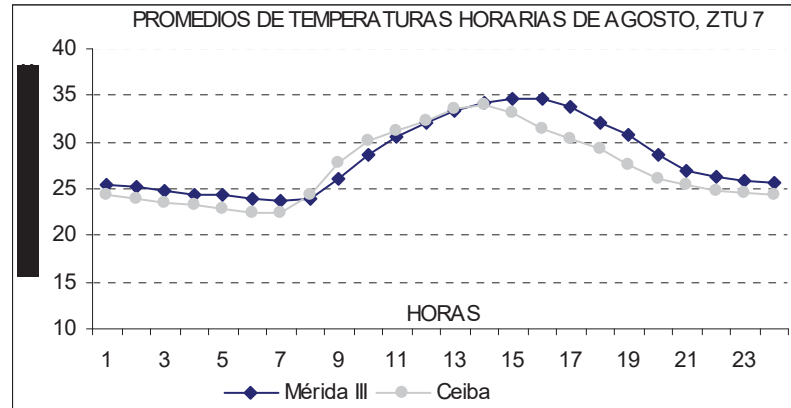
Las gráficas de las temperaturas promedio mensual son semejantes a la de los promedios horarios anuales. Las temperaturas de la estación Mérida III presentan desfase respecto de las de la Ceiba, por lo que son inferiores en los momentos en que ascienden de manera rápida, lo cual comienza poco después de la salida del sol hasta aproximadamente dos horas antes de alcanzar su valor máximo.



22a. Enero, 2005



22b. Abril, 2005



22c. Agosto, 2004

Gráficas de la 22a a la 22c. Comparación de las temperaturas de la ZTU7 y la Ceiba en un mes fresco, enero, en uno cálido seco, abril, y en otro cálido húmedo, agosto.

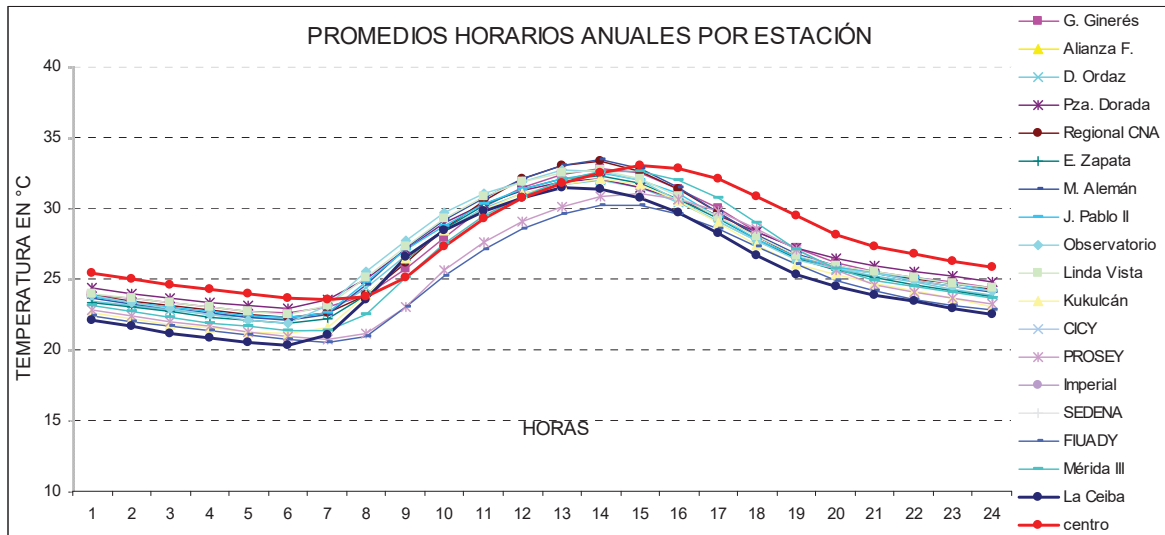
#### 4.3.8. Zona Térmica Urbana 8

Se trata de la ZTU representada por la estación La Ceiba, ubicada afuera de la ciudad, 5 Km al norte, en el enclave del mismo nombre. Las construcciones en este sitio tienen lotes muy grandes por lo que la densidad de construcción es muy pequeña y se encuentra entre abundante vegetación. Las condiciones térmicas de la Ceiba han sido escogidas como representativas de las naturales, puesto que se encuentra alejada, aunque no demasiado, de la ciudad, fuera del alcance del viento que pasa por ésta. No existen barreras topográficas o fuentes de agua que hagan suponer que sus condiciones son diferentes a las que prevalecerían en la superficie urbana si ésta se encontrase en estado natural

Los promedios horarios de temperatura de esta estación ya han sido presentados como representativos de las condiciones no urbanas al ser comparados con los de todas las otras estaciones. Su temperatura promedio es menor que la de las otras estaciones, aunque prácticamente igual a las de las de la ZTU 7 ubicadas en los límites urbanos junto al anillo periférico, principalmente a las de las estaciones Imperial y SEDENA, ya que respecto de PROSEY, presenta un desfase de aproximadamente una hora.

**4.3.9. Resumen del análisis de las variaciones de temperatura en la ciudad**

1. El promedio anual de las máximas variaciones horarias de temperatura entre los sitios de medición de esta investigación fue de 3.8 grados C, pero en algunos meses estas variaciones son mayores y deben tenerse en cuenta en estrategias de acondicionamiento térmico que se adopten en el diseño arquitectónico. Además, se trata de la variación promedio, por lo que aproximadamente el 50% de los momentos del año las diferencias fueron mayores; también, para algunas estaciones las diferencias fueron mayores.
2. El mayor número de veces en la estación La Ceiba se registran las temperaturas horarias mínimas y en la Centro las máximas. El horario en el cual eso no sucede es en el intervalo de ascenso rápido de la temperatura, desde poco después de la salida del sol hasta una o dos horas y media después de su culminación.
3. Las estaciones Imperial y SEDENA que se encuentran en los límites de la ciudad, con poco desarrollo urbano y por donde entran los vientos dominantes, registran temperaturas semejantes a las de la Ceiba que, como ya se mencionó, registra las mínimas horarias la mayor parte del tiempo.
4. La estación PROSEY (que también se encuentra en los límites de la ciudad, con poco desarrollo urbano y sin recibir el calor urbano arrastrado por los vientos dominantes) también registra temperaturas semejantes a las de La Ceiba pero con un desfase de una a dos horas.
5. La Estación Mérida III que se encuentra en los límites de la ciudad, en una zona de poco desarrollo urbano pero del lado opuesto de la entrada de los vientos dominantes, presenta temperaturas mayores que los de la ZTU6 que son los otros sitios que se encuentran en el límite de la ciudad.
6. Todas las otras estaciones que se encuentran dentro de la ciudad, con excepción de la del centro, registran temperaturas semejantes que varían en promedio horario de 0 a 3.1° C.



Gráfica 23. Variaciones horarias promedio anual de la temperatura del aire en cada sitio de medición. Se han resaltado con línea más gruesa las curvas de las estaciones La Ceiba (azul oscuro) y Centro (rojo vivo).

#### 4.4. ANÁLISIS DE LOS MAPAS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AIRE EN LA CIUDAD

En esta sección se presenta el análisis de la distribución de la temperatura del aire en la ciudad de Mérida, realizado con el apoyo de mapas de curvas isotermas que fueron elaborados con ayuda de un software de Sistemas de Información Geográfica. Se trata de mapas de las temperaturas promedio de cada mes y mapas de cada tres horas de días promedio de los meses enero, abril y agosto, ocho por cada uno, representativos de las temporadas fresca, cálida seca y cálida húmeda, respectivamente.

##### 4.4.1. Análisis de los mapas de isocurvas de temperaturas mensuales promedio

En los mapas de isocurvas de temperaturas mensuales promedio (figuras de la 52a a la 52l) se puede apreciar que existe un gran sector urbano en donde el aire se calienta más que las zonas que lo rodean y que esta diferencia decrece en relación de su distancia al centro. Los promedios más bajos se presentan en una zona contigua al anillo periférico, que la limita y bordea la ciudad, y son semejantes a los de los alrededores no urbanos, exceptuando los del sector poniente que son análogos a los de la zona central.

Ese patrón concuerda con la dirección de los vientos dominantes, que por lo general presentan una componente vectorial hacia el oeste, lo que lleva a plantear que el viento es uno de los factores que influyen en la forma y desplazamiento de la isla urbana de calor.

Los mapas muestran diferencias en la distribución térmica promedio entre el período seco y el lluvioso. La más notoria de estas diferencias es el contraste que se establece en el período húmedo entre la zona central de la ciudad y las zonas restantes. Ese contraste no se presenta en el período seco.

Los mapas de noviembre, diciembre y de enero a mayo, meses correspondientes a los períodos menos cálido y cálido seco, muestran dos condiciones térmicas; la de más calor, representada en rojo intenso, que abarca la mayor parte del área delimitada por el anillo periférico y que contiene la mayor cantidad de construcciones, y la de menos calor, en colores naranjas y amarillos, con menor cantidad de construcciones.

En los mapas de julio a octubre, meses en los que las lluvias son frecuentes –excepto octubre– (Tabla 22), se observa una diferencia muy marcada entre las temperaturas de la Zona Centro respecto a las otras del área urbana, lo cual debe interpretarse como resultado de las diferencias de impermeabilidad del suelo de cada una. En efecto, entre los principales factores que influyen en las islas de calor están las propiedades radiantes de las superficies y la decreciente tasa de evapotranspiración en el ambiente urbano (Streutker, 2002). Las superficies impermeables predominan más en la zona centro, evitando que el agua de la lluvia se integre al terreno y al evaporarse contribuya a la liberación del calor almacenado. De tal manera, el suelo calienta más la temperatura del aire a través del intercambio convectivo.

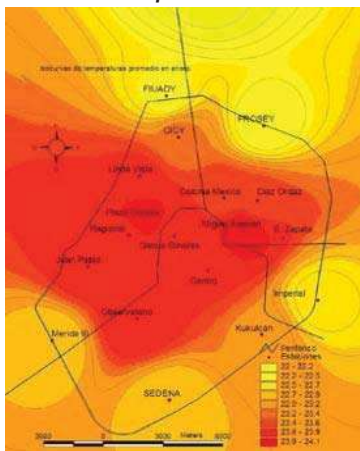
La razón por la que mayo siendo medianamente lluvioso presenta características de distribución térmica semejantes a las de el período seco y octubre siendo seco presenta características semejantes a las de los meses húmedos, se puede explicar por que el ambiente no se ha modificado suficientemente durante esos meses. Esto es, durante mayo el ambiente no ha pasado de seco a húmedo y durante octubre de húmedo a seco.

Finalmente, el mapa de junio presenta características intermedias entre el período seco y el húmedo, pero no es conveniente generalizar la observación debido a que en ese mes no se contó con el mismo número de estaciones que en los otros.

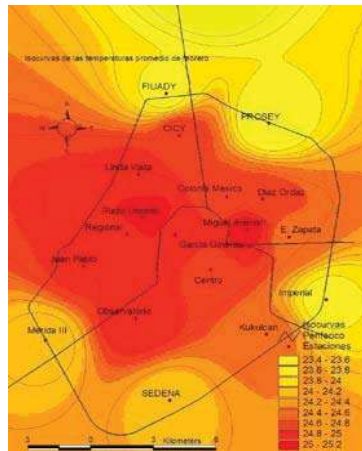
Tabla 22. Precipitación pluvial durante los meses de monitoreo. El color amarillo y el verde indican pocas y abundantes lluvias, respectivamente.

| año  | mes        | Precipitación mm | H.R. |
|------|------------|------------------|------|
| 2004 | Julio      | 102.63           | 75.8 |
| 2004 | Agosto     | 301.74           | 78.5 |
| 2004 | Septiembre | 292.62           | 83.9 |
| 2004 | Octubre    | 45.21            | 81.3 |
| 2004 | Noviembre  | .51              | 72.1 |
| 2004 | Diciembre  | 27.18            | 68.5 |
| 2005 | Enero      | 0.00             | 63.0 |
| 2005 | Febrero    | 0.76             | 61.8 |
| 2005 | Marzo      | 20.32            | 61.3 |
| 2005 | Abril      | 66.29            | 56.8 |
| 2005 | Mayo       | 132.85           | 64.1 |
| 2005 | Junio      | 210.58           | 80.0 |

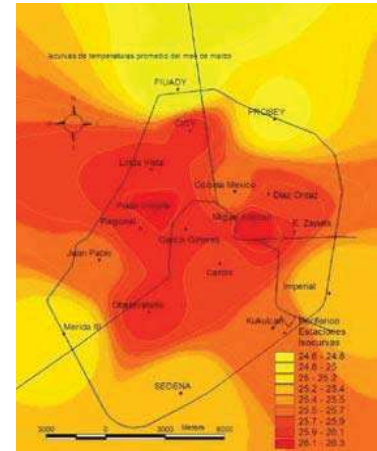
Mapas de isocurvas de temperaturas mensuales promedio en la ciudad de Mérida durante el período estudiado.



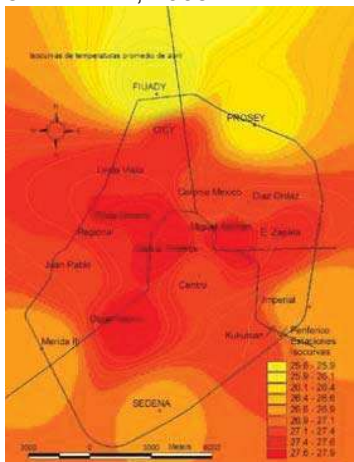
52a. Enero, 2005



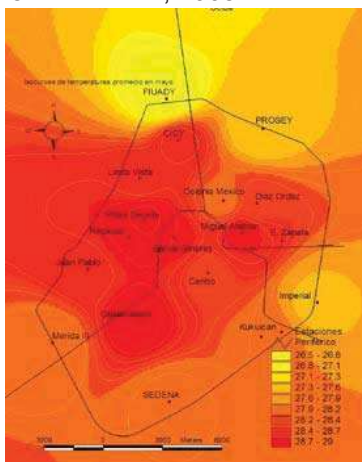
52b. Febrero, 2005



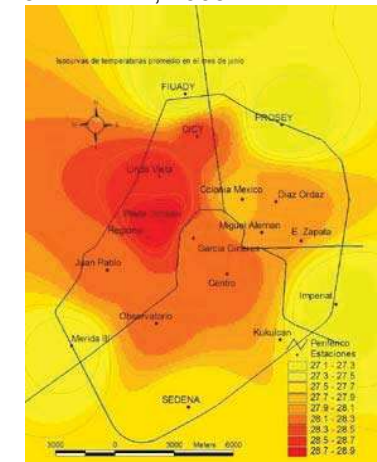
52c. Marzo, 2005



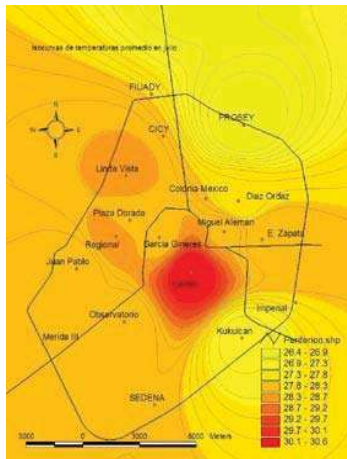
52d. Abril, 2005



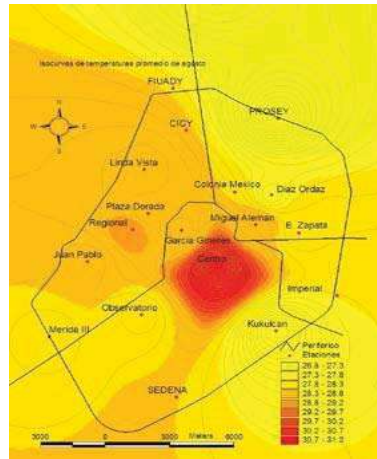
52e. Mayo, 2005



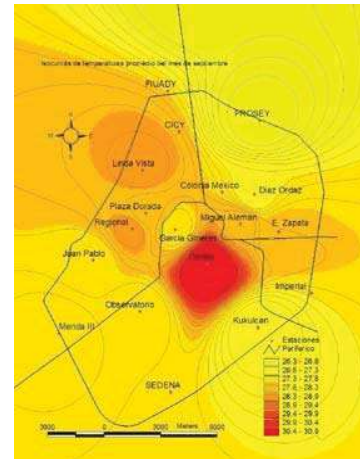
52f. Junio, 2005



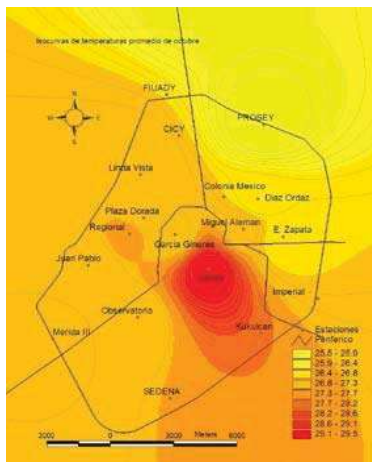
52g. Julio, 2004



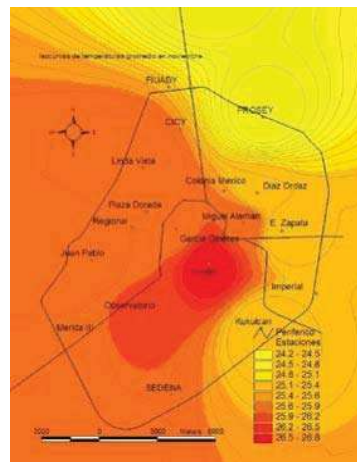
52h. Agosto, 2004



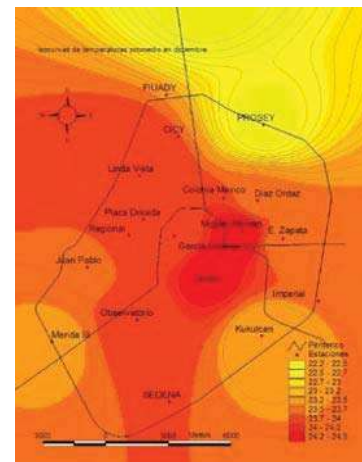
52i. Septiembre, 2004



52j. Octubre, 2004



52k. Noviembre, 2004



52l. Diciembre, 2004

Figuras de la 52a la 52l. Mapas de curvas isotermas de la temperatura promedio mensual en la ciudad de Mérida, desarrollados con ayuda de un software de Sistemas de Información Geográfica. El polígono irregular representa el anillo periférico que actualmente limita la ciudad. Los colores no representan las mismas temperaturas en todos los mapas.

#### 4.4.2. Mapas de isocurvas de temperaturas horarias de días promedio

Las imágenes anteriores muestran las diferencias relativas entre las temperaturas promedio de la ciudad, pero no aportan mayor información respecto de las que se presentan a cada momento del día. Los mapas de los promedios horarios (figuras de la 53a a la 53l) pueden darnos una mejor idea al respecto. Se trata de las isotermas de cada 3 horas de enero, abril y agosto; que son días promedio de meses representativos de las temporadas climáticas de Mérida.

Como se manifiesta en los mapas, a las 0:00, 3:00 y 6:00 horas durante los doce meses del año se conforma una amplia zona dentro del área delimitada por

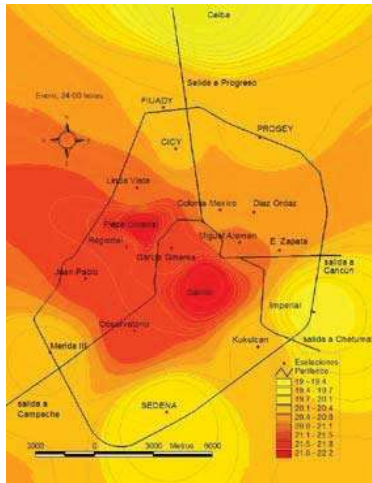
el anillo periférico con temperatura homogénea más elevada que en el resto de la ciudad; ésta zona abarca un radio amplio a partir del centro, extendiéndose más del lado poniente, rodeada de franjas de temperaturas intermedias hasta alcanzarse la menos cálida poco antes del límite urbano, de donde se extienden al medio rural. De julio a octubre, meses con mayor humedad del año, se muestra una zona adicional más al centro, aún más caliente que la restante de la anterior.

En los mapas de las 9:00 horas de los meses de noviembre a junio es interesante observar la homogeneidad de la temperatura del medio urbano con el rural, exceptuando la zona central que se encuentra menos cálida, debido a la masa térmica y/o calor específico de los materiales que la conforman. Esto es, en la zona centro los materiales absorben y acumulan más calor, con lo que el aire se calienta más lentamente. En algunos de estos meses, en los más húmedos, esa situación se puede prolongar incluso hasta las 15:00 horas.

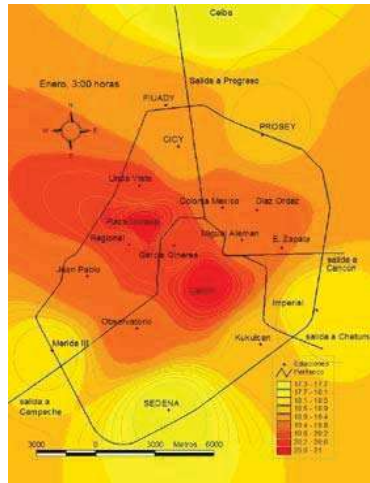
Por el contrario, de julio a octubre la zona central permanece más cálida las veinticuatro horas. Como ya se mencionó, la razón es atribuible a la impermeabilidad del área que evita que la evaporación de la humedad del suelo actúe como mecanismo de enfriamiento.

Entre las 12:00 y 21:00 horas de todos los meses es clara la variedad de temperaturas en el área urbana; se conforma un “archipiélago de calor”, probablemente debido a su diferente constitución y, consecuentemente, al tiempo necesario para alcanzar condiciones térmicas semejantes.

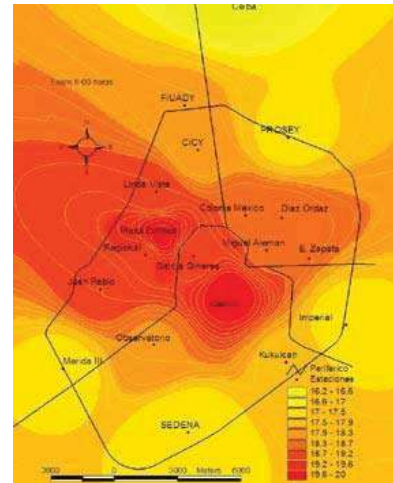
## ENERO



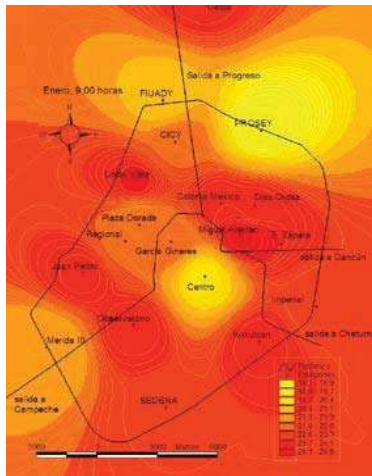
53a. 0:00 horas



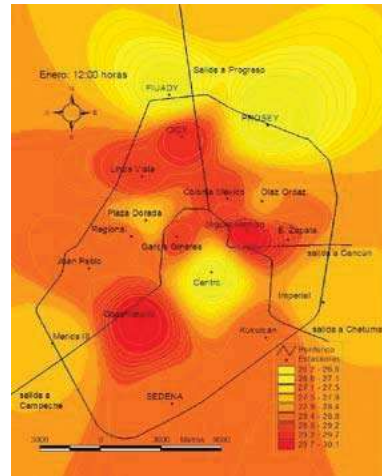
53b. 3:00 horas



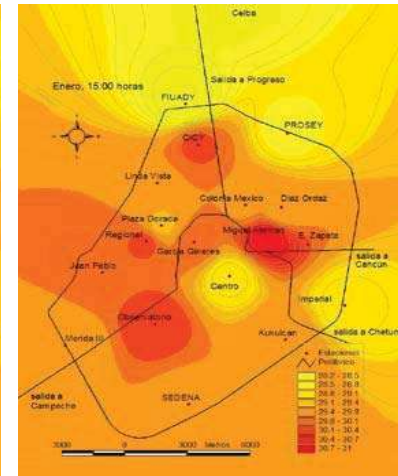
53c. 6:00 horas



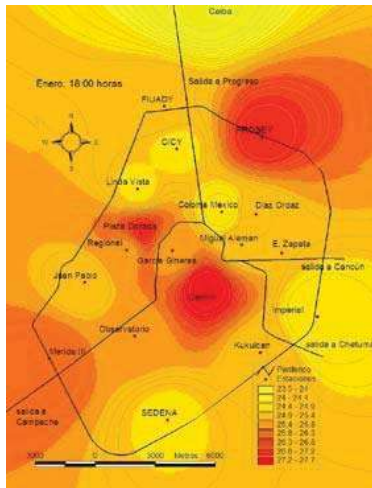
53d. 9:00 horas



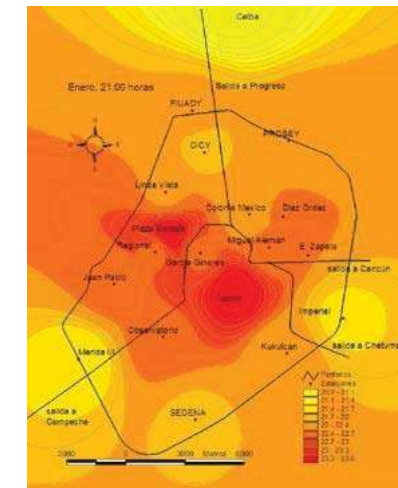
53e. 12:00 horas



53f. 15:00 horas



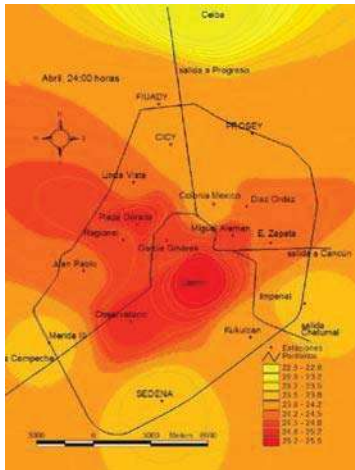
53e. 18:00 horas



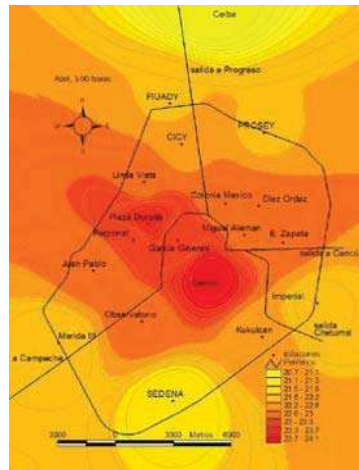
53f. 21:00 horas

Figuras de la 53a a la 53h. Isotermas de temperatura en diferentes momentos de un día promedio del mes de enero.

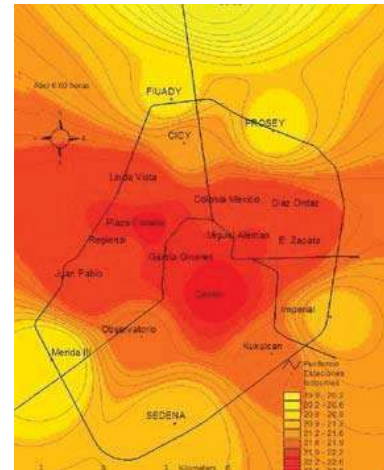
## ABRIL



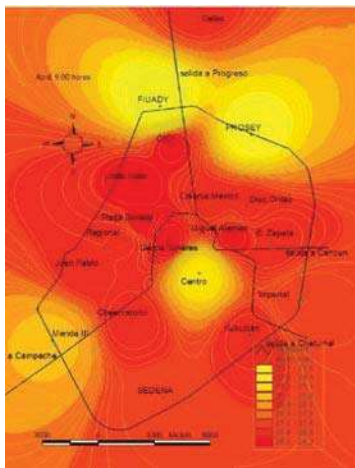
54a. 0:00 horas



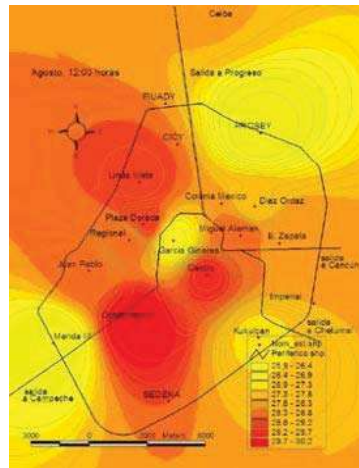
54b. 3:00 horas



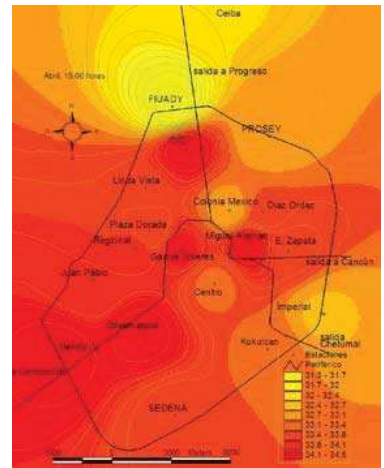
54c. 6:00 horas



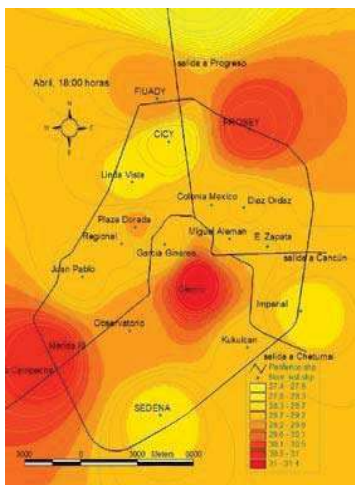
54d. 9:00 horas



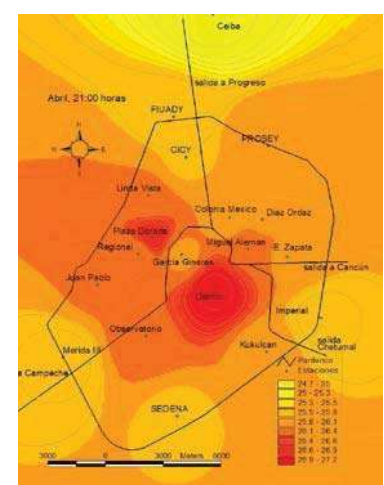
54e. 12:00 horas



54f. 15:00 horas



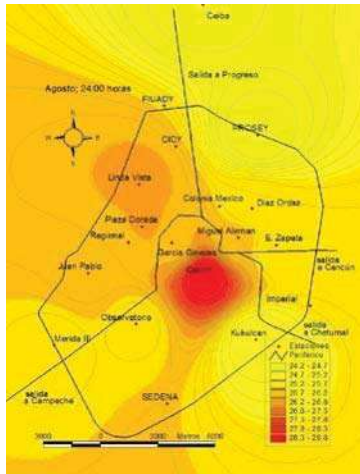
54e. 18:00 horas



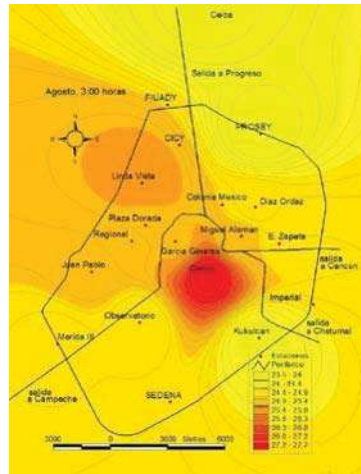
54f. 21:00 horas

Figuras de la 54a a la 54h. Isotermas de temperatura en diferentes momentos de un día promedio del mes de abril.

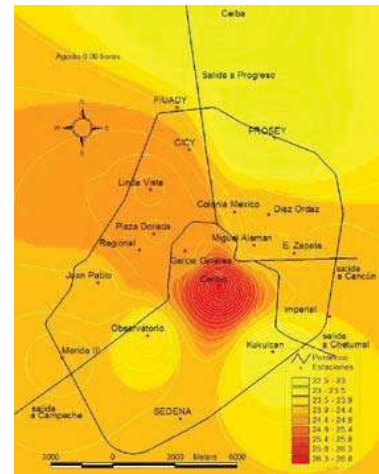
## AGOSTO



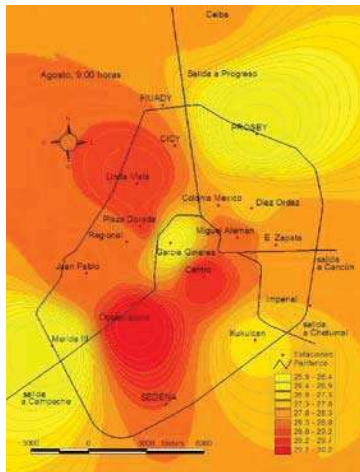
55a. 0:00 horas



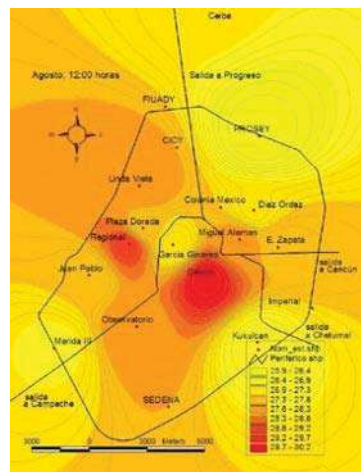
55b. 3:00 horas



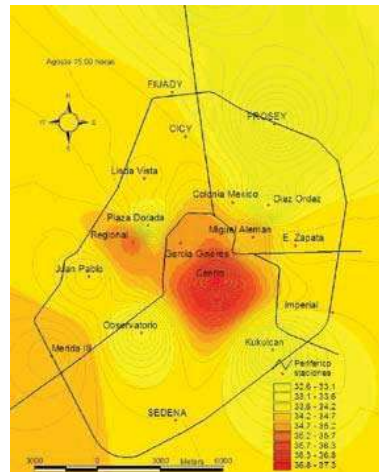
55c. 6:00 horas



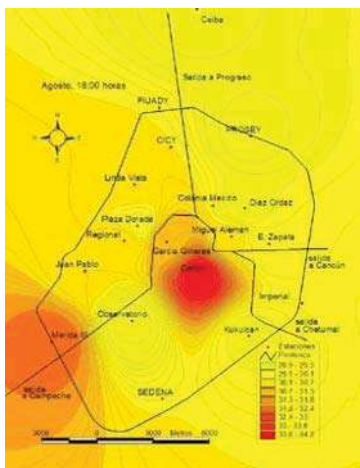
55d. 9:00 horas



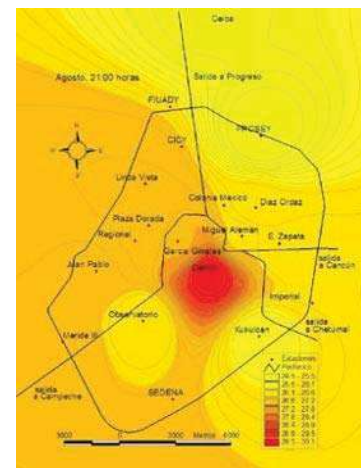
55e. 12:00 horas



55f. 15:00 horas



55e. 18:00 horas



55f. 21:00 horas

Figuras de la 55a a la 55h. Isotermas de temperatura en diferentes momentos de un día promedio del mes de agosto.

---

## **5. DATOS REPRESENTATIVOS DE LA TEMPERATURA EN EL ÁREA URBANA**

En el capítulo precedente se mostró que las temperaturas de diferentes sitios de la ciudad de Mérida difieren entre sí y de las condiciones naturales que la rodean. Puesto que estas diferencias son en promedio de 3.8 grados C, en algunos momentos en el transcurso de algunos días las desigualdades son mayores.

Debido a que Yucatán es una región con condiciones naturales térmicamente incómodas, los aumentos de temperatura por alteraciones artificiales también deben tenerse en cuenta en el proceso de diseño, razón por la cual uno de los objetivos de este trabajo fue determinar valores representativos de temperaturas urbanas adecuados para el ejercicio del diseño arquitectónico, que es el aspecto que se aborda en esta sección.

### **5.1. Evaluación de la representatividad de los datos del Observatorio Meteorológico de Mérida en el área urbana**

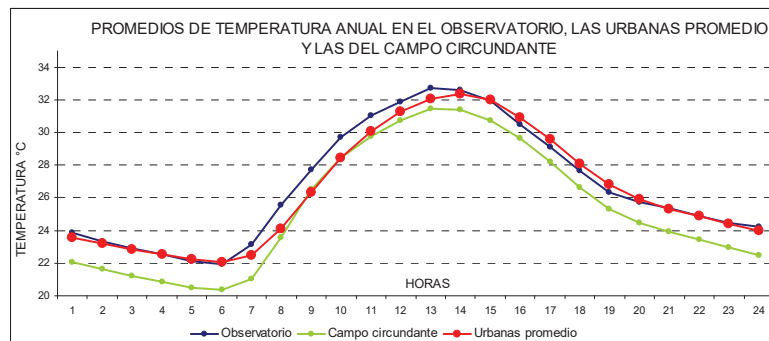
Cuando en la ciudad de Mérida se requiere el uso de datos climáticos para alguna actividad, en particular las relacionadas con la arquitectura y el urbanismo, se usan como representativos los obtenidos por medio de observaciones realizadas en el Observatorio Meteorológico de la CONAGUA, debido a la categoría de esta estación, su metodología de medición y al tiempo que lleva funcionando.

Como se ha planteado desde un principio, el Observatorio tiene como finalidades, entre otras, observar la marcha natural del tiempo y participar con la red

meteorología mundial en la integración de una visión de las condiciones globales del clima. Por tales motivos las variables climáticas monitoreadas no deben estar alteradas por condiciones particulares como las de un medio urbano.

Aun cuando el Observatorio ha quedado envuelto por el crecimiento de la ciudad y se han afectado las condiciones naturales que debería medir, es necesario tener en cuenta, de acuerdo a los resultados ya expuestos, que Mérida está conformada por zonas con diferentes comportamientos térmicos y, por ello, es necesario determinar parámetros representativos de éstos. Los del Observatorio no necesariamente lo son.

Al respecto, se presenta la Gráfica 24 en la cual se comparan los promedios de temperaturas horarias medidas en el período estudiado.



Gráfica 24. Comparación de los promedios de temperaturas horarias del período estudiado. Son las del Observatorio, las temperaturas horarias promedio de todas las estaciones instaladas en la ciudad y la del medio no urbano circundante.

La Gráfica 24 presenta en color azul el promedio de las temperaturas anuales que registró el Observatorio durante el período estudiado, en verde claro las del campo y en color rojo el promedio de las temperaturas registradas por las estaciones distribuidas en la ciudad. Aunque es mínima la diferencia entre las temperaturas del Observatorio y las urbanas promedio, no coinciden con las del campo que son con las que deberían coincidir.

De haber sido representadas las curvas de los promedios horarios anuales de las otras estaciones, se extenderían más o menos 2 grados C por debajo y 2 por arriba de la curva de las temperaturas urbanas promedio (curva en rojo).

## 5.2. Determinación de temperaturas representativas del área urbana

En esta sección se describe el procedimiento que se siguió para la determinación de temperaturas urbanas representativas de la ciudad en general y de los sitios en los que se realizaron las mediciones.

Para tener las temperaturas de cualquier lugar de la ciudad es posible utilizar los datos de la estación más cercana o utilizando las temperaturas representativas de todas las estaciones para hacer los mapas de isocurvas de cada una o dos horas de cada mes (o dos meses), labor que será abordada posteriormente en otro trabajo.

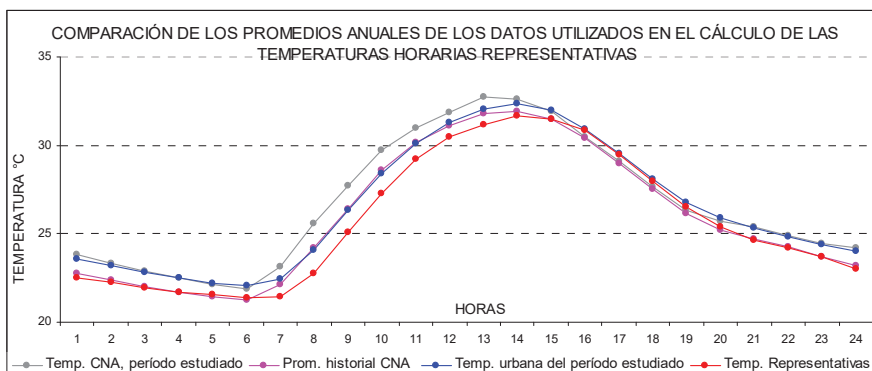
El procedimiento empleado para obtener las temperaturas horarias representativas de la ciudad en general o de cada sitio en el que se ubicó una estación, consistió en restar de las temperaturas horarias representativas de la estación Observatorio (Tabla 23), obtenidas del promedio de un período histórico, las respectivas de la misma estación obtenidas durante esta investigación (Tabla 24); las diferencias encontradas (Tabla 25) se sumaron a los registros correspondientes de cada sitio (Tablas de 24a a 24s del anexo 2), obtenidos en el período monitoreado, para tener, así, las temperaturas representativas buscadas (26a a 26s del anexo 3).

Sumando a los promedios de temperatura de todas las estaciones (Tabla 13, Capítulo 4) las cantidades correctivas de la Tabla 25, se obtienen los datos de temperatura representativos del área urbana (Tabla 26).

Tabla 23. Promedios horarios de temperatura medidos en el Observatorio de julio 2004 a junio de 2005

| AÑO   | MES   | HORAS |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | media | Min  |
|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
|       |       | 1     | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   |       |      |
| 2004  | jul.  | 24.8  | 24.3 | 23.9 | 23.9 | 23.1 | 23.3 | 25.8 | 28.1 | 29.7 | 31.2 | 32.5 | 33.1 | 34.1 | 33.6 | 33.0 | 30.2 | 29.1 | 28.0 | 27.0 | 26.6 | 26.3 | 26.2 | 25.4 | 25.3 | 27.9  | 23.1 |
|       | ago.  | 25.3  | 24.9 | 24.6 | 24.3 | 23.9 | 23.8 | 25.8 | 28.5 | 30.2 | 31.8 | 32.8 | 33.5 | 34.1 | 33.9 | 33.4 | 32.0 | 30.1 | 28.9 | 27.4 | 26.9 | 26.4 | 26.2 | 26.0 | 25.6 | 28.3  | 23.8 |
|       | sept. | 25.0  | 24.4 | 24.1 | 23.7 | 23.3 | 23.2 | 25.3 | 27.9 | 29.5 | 31.1 | 31.9 | 32.6 | 33.1 | 31.3 | 30.6 | 29.7 | 29.0 | 28.2 | 27.3 | 26.8 | 26.4 | 26.0 | 25.7 | 25.4 | 27.6  | 23.2 |
|       | oct.  | 24.9  | 24.5 | 24.3 | 23.9 | 23.5 | 23.3 | 24.4 | 26.5 | 28.3 | 29.8 | 30.8 | 31.3 | 31.9 | 31.8 | 31.0 | 30.3 | 29.2 | 27.9 | 27.0 | 26.5 | 26.1 | 25.7 | 25.2 | 25.0 | 27.2  | 23.3 |
|       | nov.  | 23.3  | 22.6 | 22.3 | 22.1 | 21.8 | 21.5 | 21.8 | 24.2 | 26.6 | 28.7 | 30.3 | 30.8 | 31.2 | 31.5 | 31.3 | 30.1 | 29.6 | 27.1 | 25.8 | 25.3 | 24.8 | 24.1 | 23.6 | 23.4 | 26.0  | 21.5 |
|       | dic.  | 21.7  | 21.0 | 20.5 | 20.2 | 19.6 | 19.2 | 19.4 | 22.1 | 24.8 | 27.0 | 28.0 | 28.7 | 29.7 | 29.7 | 29.0 | 27.7 | 26.0 | 24.7 | 23.8 | 23.2 | 22.9 | 22.3 | 22.0 | 21.7 | 23.9  | 19.2 |
| 2005  | ene.  | 21.0  | 20.5 | 19.7 | 19.1 | 18.7 | 18.3 | 18.2 | 20.8 | 23.8 | 26.6 | 27.6 | 29.9 | 30.3 | 30.4 | 30.3 | 29.1 | 27.5 | 25.6 | 24.1 | 23.2 | 22.7 | 22.2 | 21.5 | 21.3 | 23.9  | 18.2 |
|       | feb.  | 22.3  | 21.6 | 21.0 | 20.6 | 20.1 | 19.5 | 19.5 | 22.2 | 24.9 | 27.6 | 29.2 | 30.2 | 31.4 | 32.0 | 31.4 | 30.4 | 28.5 | 26.5 | 24.9 | 24.2 | 23.9 | 23.2 | 22.8 | 22.5 | 25.0  | 19.5 |
|       | mar.  | 22.8  | 22.1 | 21.7 | 21.2 | 20.8 | 20.5 | 21.3 | 24.0 | 26.3 | 28.6 | 30.4 | 31.3 | 32.7 | 33.1 | 32.3 | 31.0 | 29.2 | 27.5 | 25.6 | 24.9 | 24.7 | 24.2 | 23.7 | 23.4 | 26.0  | 20.5 |
|       | abr.  | 24.1  | 23.5 | 22.9 | 22.3 | 21.9 | 21.7 | 23.6 | 26.1 | 28.3 | 30.6 | 32.3 | 33.0 | 34.2 | 34.7 | 34.4 | 32.7 | 31.2 | 29.5 | 27.6 | 26.8 | 26.4 | 25.9 | 25.3 | 24.9 | 27.7  | 21.7 |
|       | may   | 25.6  | 25.2 | 24.9 | 24.6 | 24.2 | 24.1 | 25.8 | 28.0 | 30.2 | 32.4 | 34.1 | 35.0 | 36.2 | 36.4 | 34.3 | 32.1 | 30.2 | 29.3 | 27.9 | 27.4 | 27.1 | 26.5 | 26.2 | 25.9 | 28.9  | 24.1 |
|       | jun.  | 25.4  | 25.0 | 24.8 | 24.6 | 24.5 | 24.6 | 26.4 | 28.3 | 29.8 | 31.3 | 32.3 | 33.0 | 33.6 | 32.9 | 32.2 | 30.7 | 29.5 | 28.8 | 27.8 | 27.1 | 26.7 | 26.3 | 26.0 | 25.8 | 28.2  | 24.5 |
| Media |       | 23.8  | 23.3 | 22.9 | 22.5 | 22.1 | 21.9 | 23.1 | 25.6 | 27.7 | 29.7 | 31.0 | 31.9 | 32.7 | 32.6 | 31.9 | 30.5 | 29.1 | 27.7 | 26.3 | 25.7 | 25.4 | 24.9 | 24.4 | 24.2 | 26.7  | 21.9 |





Gráfica 25. Representación de los datos empleados para determinar temperaturas urbanas promedio.

En color gris muy oscuro la curva de las temperaturas horarias promedio medidas en el observatorio de la CNA (actualmente CONAGUA) en el período julio de 2004 a junio de 2005; en rosado, las temperaturas promedio de un intervalo del historial de la misma estación; en color azul, las temperaturas promedio de todos los sitios de medición empleados durante esta investigación; en rojo las temperaturas representativas resultantes.

## 6. EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE COMODIDAD TÉRMICA EN LA CIUDAD DE MÉRIDA

En el capítulo anterior se calcularon temperaturas horarias mensuales y sus promedios representativos en la ciudad de Mérida, con los que en esta sección se determinan las temperaturas de neutralidad y los rangos de confort de cada mes; asimismo se evalúa de manera teórica el efecto de las alteraciones urbanas en las condiciones de bienestar térmico.

### 6.1. Cálculo de las temperaturas de neutralidad y zonas de confort mensuales

Con base en las temperaturas medias mensuales representativas del área urbana se han calculado las temperaturas de neutralidad y las zonas mensuales de confort, mismas que son presentadas en la Tabla 27.

Tabla 27. Temperaturas representativas del área urbana, con las temperaturas de neutralidad y los límites de las zonas de confort mensuales.

| AÑO  | MES   | H O R A S |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | media | Tn   | lim1 | lim2 |
|------|-------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|
|      |       | 1         | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   |       |      |      |      |
| 2004 | jul.  | 24.3      | 24.2 | 24.1 | 23.6 | 24.0 | 23.5 | 22.7 | 24.1 | 26.5 | 28.8 | 30.1 | 31.4 | 31.9 | 32.9 | 32.0 | 32.6 | 30.5 | 29.4 | 28.0 | 26.9 | 26.0 | 25.3 | 25.1 | 24.5 | 27.2  | 28.2 | 25.2 | 31.2 |
|      | ago.  | 24.4      | 24.1 | 23.9 | 23.5 | 23.5 | 23.3 | 22.7 | 23.7 | 26.1 | 28.5 | 30.5 | 31.7 | 32.6 | 33.1 | 32.4 | 31.5 | 30.6 | 29.4 | 28.2 | 26.8 | 25.9 | 25.3 | 24.8 | 24.6 | 27.1  | 28.1 | 25.1 | 31.1 |
|      | sept. | 24.4      | 24.3 | 24.1 | 24.0 | 23.9 | 23.7 | 22.6 | 23.6 | 26.1 | 28.2 | 30.3 | 31.4 | 32.3 | 34.0 | 33.0 | 31.6 | 30.0 | 28.5 | 27.5 | 26.5 | 25.8 | 25.5 | 25.1 | 24.7 | 27.1  | 28.1 | 25.1 | 31.1 |
|      | oct.  | 23.0      | 22.7 | 22.4 | 22.0 | 21.9 | 21.8 | 21.5 | 23.0 | 25.5 | 27.8 | 29.8 | 31.0 | 31.3 | 31.8 | 31.9 | 30.9 | 29.7 | 28.5 | 27.0 | 25.7 | 25.1 | 24.7 | 24.2 | 23.6 | 26.1  | 27.6 | 24.6 | 30.6 |
|      | nov.  | 21.1      | 21.1 | 20.6 | 20.4 | 20.2 | 20.0 | 20.3 | 21.5 | 23.6 | 25.8 | 27.5 | 28.8 | 29.7 | 30.0 | 29.9 | 29.5 | 27.3 | 26.6 | 25.2 | 23.9 | 23.3 | 23.2 | 22.7 | 21.8 | 24.3  | 26.6 | 23.6 | 29.6 |
| 2005 | dic.  | 20.5      | 20.4 | 20.3 | 20.0 | 19.9 | 19.7 | 19.6 | 19.6 | 21.7 | 24.2 | 26.4 | 27.7 | 28.0 | 28.6 | 28.7 | 28.2 | 27.0 | 25.3 | 23.9 | 23.1 | 22.4 | 22.1 | 21.7 | 21.1 | 23.3  | 26.1 | 23.1 | 29.1 |
|      | ene.  | 18.7      | 18.2 | 18.1 | 17.9 | 17.7 | 17.5 | 17.5 | 18.1 | 20.5 | 22.9 | 25.6 | 25.8 | 26.8 | 27.6 | 27.6 | 27.2 | 26.1 | 24.5 | 23.0 | 22.0 | 21.2 | 20.7 | 20.3 | 19.2 | 21.9  | 25.3 | 22.3 | 28.3 |
|      | feb.  | 20.3      | 20.0 | 19.8 | 19.3 | 19.0 | 18.9 | 19.0 | 20.1 | 22.6 | 24.8 | 26.9 | 28.4 | 29.0 | 29.2 | 29.7 | 28.9 | 27.9 | 26.2 | 24.7 | 23.5 | 22.7 | 22.3 | 21.8 | 21.0 | 23.6  | 26.2 | 23.2 | 29.2 |
|      | mar.  | 21.3      | 20.9 | 20.5 | 20.2 | 20.1 | 19.9 | 20.3 | 21.9 | 24.3 | 26.7 | 28.5 | 30.2 | 30.8 | 31.5 | 31.9 | 31.2 | 29.9 | 28.1 | 26.4 | 25.2 | 24.2 | 23.6 | 23.0 | 22.3 | 25.1  | 27.1 | 24.1 | 30.1 |
|      | abr.  | 23.0      | 22.7 | 22.3 | 22.0 | 21.8 | 21.5 | 22.2 | 24.6 | 27.1 | 29.1 | 31.1 | 33.1 | 34.0 | 34.2 | 33.9 | 33.5 | 31.8 | 30.0 | 28.4 | 27.0 | 26.1 | 25.3 | 24.5 | 23.6 | 27.2  | 28.2 | 25.2 | 31.2 |
|      | may   | 24.6      | 24.1 | 23.5 | 23.2 | 23.0 | 23.1 | 24.2 | 26.4 | 28.3 | 30.4 | 32.4 | 33.8 | 34.4 | 34.2 | 34.3 | 33.4 | 31.8 | 29.8 | 28.3 | 27.1 | 26.6 | 26.3 | 25.7 | 24.9 | 28.1  | 28.7 | 25.7 | 31.7 |
|      | jun.  | 24.4      | 24.3 | 24.1 | 24.0 | 23.8 | 23.9 | 25.0 | 26.6 | 28.4 | 30.2 | 31.8 | 32.9 | 33.3 | 33.3 | 32.5 | 31.7 | 30.7 | 29.4 | 28.1 | 27.1 | 26.4 | 26.0 | 25.4 | 24.8 | 27.8  | 28.5 | 25.5 | 31.5 |

tn = temperatura de neutralidad; lim1 y lim2 = límites inferior y superior de la zona de confort, respectivamente

La temperatura de neutralidad para edificios con ventilación natural, actividades sedentarias y ropa ligera se ha calculado con la fórmula  $13.5 + 0.54 \cdot (t_m)$  de Humphreys, seleccionada en el Capítulo 1; la zona de confort para el 80% de la población es  $-3.5 < T_n > 3.5$ .

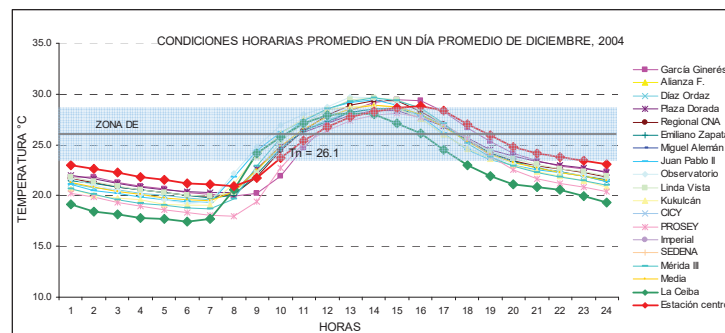
## 6.2. Análisis de las condiciones urbanas

En las Gráficas de la 26a a la 26c se representan las temperaturas horarias mensuales de las estaciones, las temperaturas de neutralidad y las zonas de confort, para facilitar la evaluación de las condiciones térmicas urbanas.

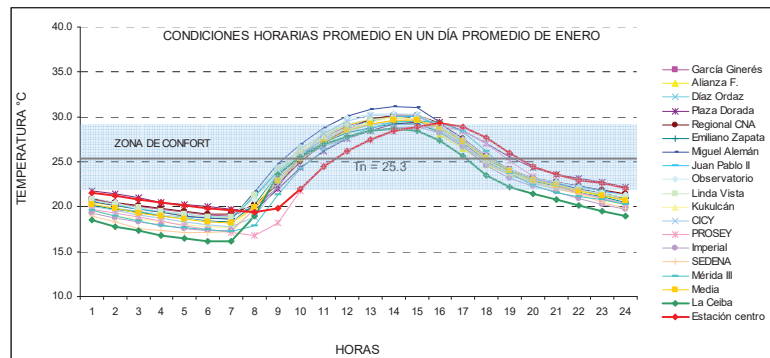
En el análisis de los diferentes períodos las expresiones fresco, en confort o confortable, y con calor o caluroso se refieren a condiciones con temperatura abajo, dentro o por arriba de la zona de confort, respectivamente.

### 6.2.1. Período fresco

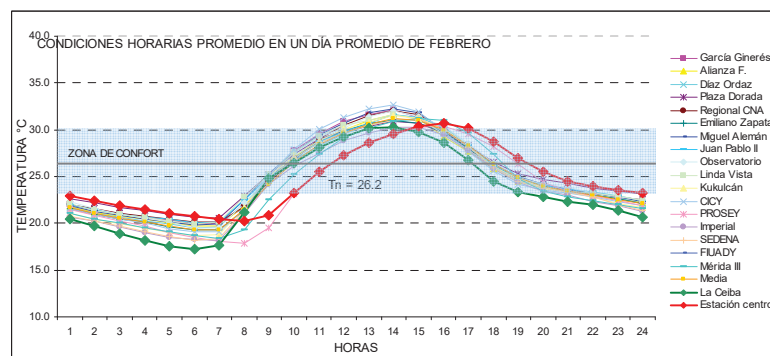
Durante los meses de enero, febrero y diciembre, las temperaturas en el campo son frescas o confortables y son muy pocos los ratos de calor; éste, de manera diferente, se presenta un promedio aproximado de 3 horas diarias en la ciudad. No obstante, en términos generales, en estos meses los grados hora de calor son menos que los grados hora de fresco, por lo que es fácil lograr ambientes térmicos adecuados en los edificios.



26a. Diciembre, 2004



26b. Enero, 2005



26c. Febrero, 2005

Gráficas de la 26a a la 26c. Variabilidad térmica en las estaciones en el período fresco. Con línea gruesa roja está representada la estación Centro y con verde la Ceiba. La línea gris representa la temperatura de neutralidad y la franja azul la zona de confort.

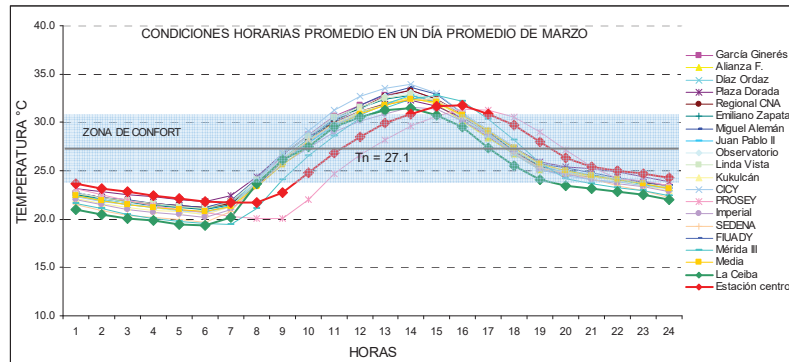
### 6.2.2. Período cálido seco

Abarca los meses de marzo, abril y mayo. La gráfica de marzo es muy semejante a la de febrero, pero es un período de transición, y así como algunos días las temperaturas son relativamente bajas, también suelen presentarse temperaturas bastante elevadas.

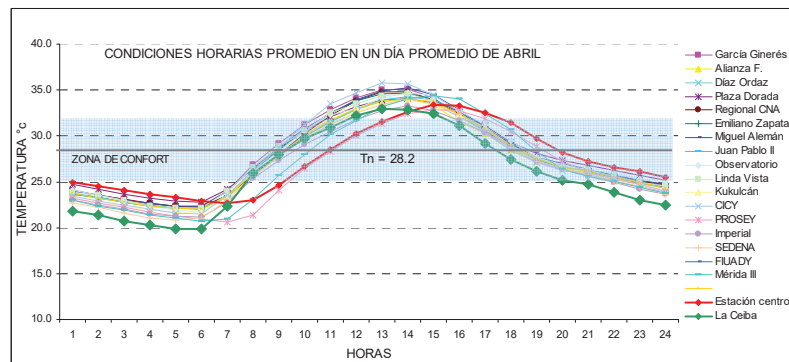
En el campo siguen predominando las condiciones de fresco y confort, con muy poco incremento de los grados hora de calor. En muchas zonas urbanas se reducen los grados hora de fresco, aunque todavía son importantes, y se incrementan los de calor<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> La ventilación nocturna y la masa térmica son las principales soluciones para el acondicionamiento térmico de los edificios. En este período también funciona el enfriamiento

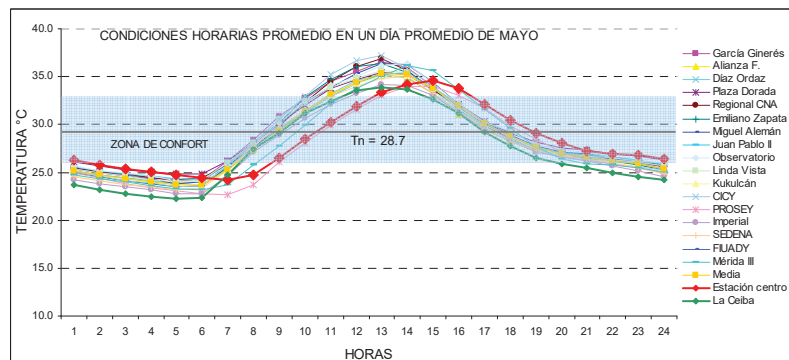
En las gráficas de la 27a a la 27c se presentan las condiciones mencionadas.



27a. Marzo, 2005



27b. Abril, 2005



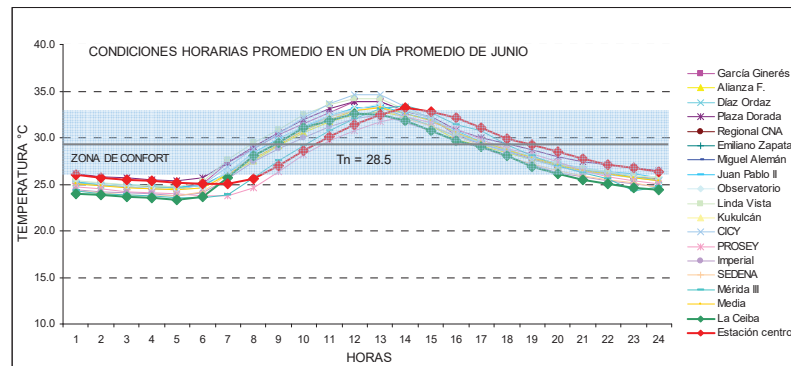
27c. Mayo, 2005

Gráficas 27a a 27c. Variabilidad térmica en las estaciones en el período cálido seco. Con línea gruesa están representadas la estación Centro, en rojo y la Ceiba en verde. La línea gris representa la temperatura de neutralidad y la franja azul la zona de confort.

evaporativo y la ventilación natural; ésta se debe reducir y sustituir por mecánica en los horarios pico y durante todo el tiempo que no sople el viento. Desde luego, en éste se vuelve más importante evitar aportaciones de calor que en el período fresco, especialmente las del sol.

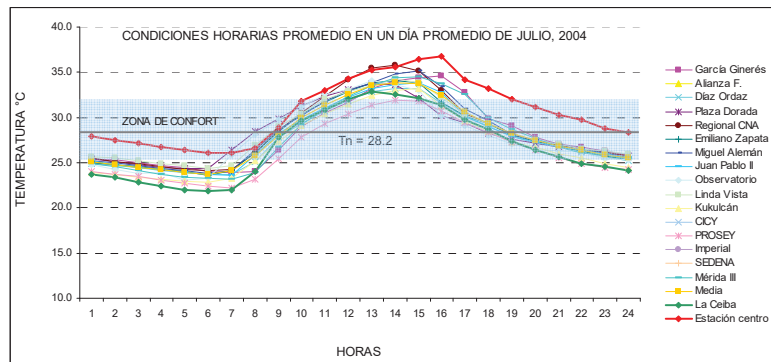
### 6.2.3. Período cálido húmedo

Este período dura la mayor parte del año, ya que abarca los meses de junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre; los ambientes son más severos en los cuatro primeros meses y se van suavizando durante octubre y noviembre. En las gráficas correspondientes (de la 28a a la 28f) las curvas de temperatura de la estación Centro hacen parecer las condiciones más drásticas de lo que realmente son para las otras estaciones. Aún en esta época, en el campo siguen dominando los horarios de fresco, aunque moderadamente, y de confort; los grados hora de calor no son muchos. Por el contrario, los grados hora de fresco en la ciudad son muy pequeños mientras que los de calor se han incrementado bastante; la humedad del aire es elevada, por lo que predomina la incomodidad y se reducen las posibles estrategias de diseño que pueden ser usadas<sup>7</sup>.

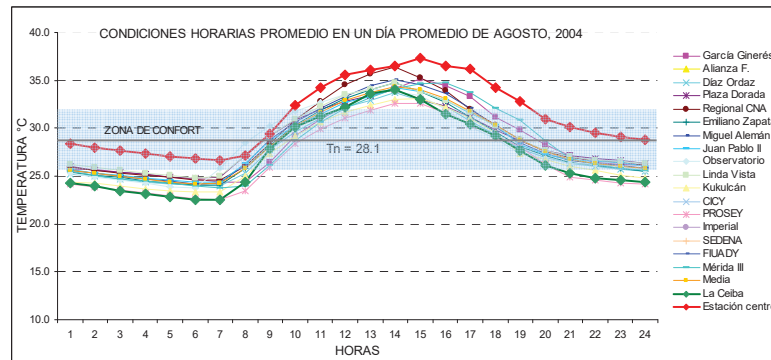


28a. Junio, 2005

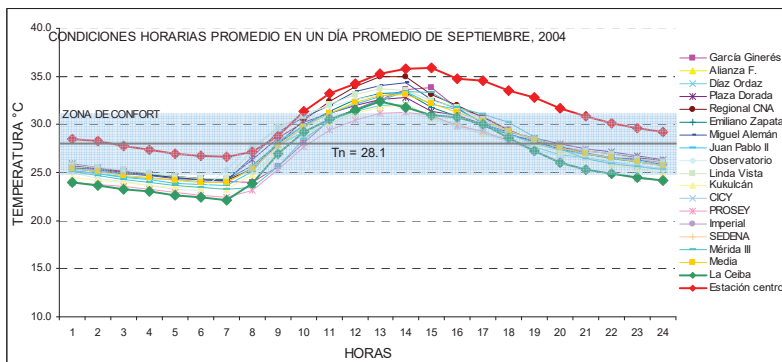
<sup>7</sup> Aunque durante el día la masa térmica puede reducir los picos de las temperaturas del aire exterior, cuando éste entra a los edificios, conservará energía que mantendrá la temperatura más elevada en el interior, incluso en momentos que en el exterior las condiciones han mejorado. En otras palabras: la masa térmica puede reducir el grado de incomodidad, pero la incomodidad durará más tiempo. La ventilación natural es necesaria pero debe ser reducida en los horarios pico y ser sustituida por la ventilación mecánica para evitar el intercambio térmico del exterior al interior a través de la circulación del aire. La cantidad de humedad en el ambiente evita la posibilidad de utilizar el enfriamiento evaporativo. Estas condiciones son de los retos más difíciles para el acondicionamiento pasivo.



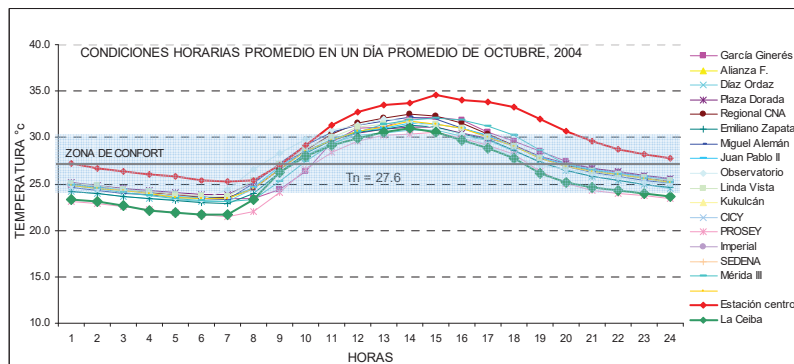
28b. julio, 2004



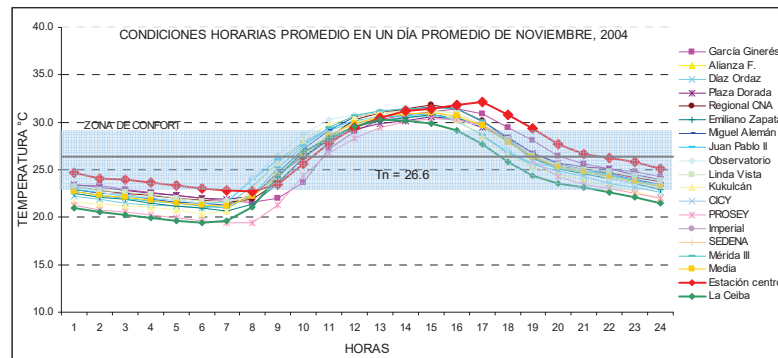
28c. Agosto, 2004



28d. Septiembre, 2004



28e. Octubre, 2004



28f. Noviembre, 2004

Gráficas de la 28a a la 28f. Variabilidad térmica en las estaciones en el período cálido húmedo. Con línea gruesa roja están representadas la estación Centro, y con verde la Ceiba. La línea gris representa la temperatura de neutralidad y la franja azul la zona de confort.

En resumen, en las gráficas de cada mes se puede observar que en el campo los grados hora por debajo de la línea de neutralidad o de frescor, son mayores que los que se encuentran por arriba, o calurosos; en la ciudad esta diferencia tiende a ser menor, predominando, en algunos meses, el calor sobre el fresco. En el caso de la estación centro sucede lo contrario que en la estación de campo ya que por lo general es mayor la cantidad de grados hora por arriba de la temperatura de neutralidad, o calurosos, que por debajo, o frescos.

En conclusión, las características de la zona centro que propician las alteraciones de la temperatura encontradas en esta investigación deben ser evitadas en otros sitios.

Por otro lado, las gráficas permiten determinar cuál es la severidad de la situación térmica para cada una de las estaciones y, con ello, generalizar los resultados para zonas semejantes.

---

## 7. CARACTERÍSTICAS URBANAS Y TEMPERATURA

En el capítulo 2, relativo al método de trabajo, se planteó que las alteraciones de la temperatura del aire en la ciudad están relacionadas con algunas de las características físicas de ésta, como:

- a. la estructura urbana, esto es, dimensiones de los edificios, los espacios entre ellos y el ancho y espaciamiento de las calles;
- b. el tipo y porcentaje de las coberturas urbanas como: el pavimento, la vegetación, el terreno descubierto, el agua, etc.;
- c. la fábrica urbana, que incluye materiales artificiales y naturales;
- d. el calor generado por las actividades humanas.

Al realizase previamente la división en Zonas Térmicas Urbanas (ZTU), se tomaron en cuenta los aspectos estructurales, se consideró homogeneidad en la fábrica urbana y no se le dio importancia al calor generado por el funcionamiento de la ciudad, debido a que la concentración humana no es elevada y no se realizan destacables actividades productivas con alto consumo energético.

En esta sección se presentan los resultados de la cuantificación de los tipos de coberturas de la ciudad y se analiza, por medio de correlaciones estadísticas, la relación entre sus porcentajes y las alteraciones de la temperatura dentro del perímetro urbano.

### 7.1. Cuantificación de porcentajes de los tipos de superficies urbanas

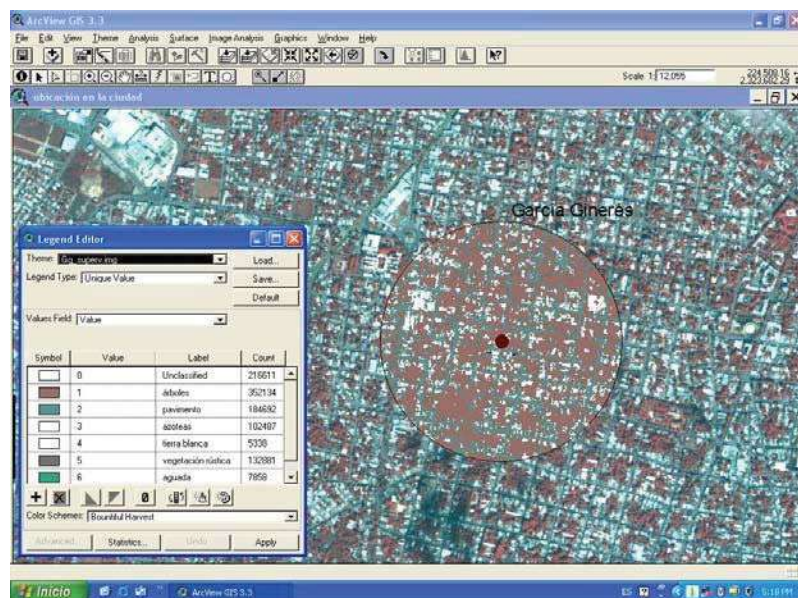
Para cuantificar los tipos de cobertura se emplearon imágenes satelitales multiespectrales, de  $1 \text{ píxel} = 1 \text{ m}^2$ , tomadas por el satélite Ikonos, y la técnica de clasificación supervisada utilizando el software “Erdas” de Sistemas de Información Geográfica.

En la clasificación supervisada, el software reconoce y cuantifica de imágenes satelitales píxeles que pertenecen a un mismo material, en función de su reflexividad, la cual inicialmente se identifica y almacena en la memoria a partir de una muestra de la imagen.

La cuantificación de los tipos de superficies se realizó en áreas con un radio de 500 m en torno a cada estación de acuerdo con los planteamientos de Oke (2004: 8). Las figuras 56a y 56b muestran dos etapas del proceso de clasificación supervisada correspondientes a una de las estaciones. Los resultados de los procesos de clasificación de todas las estaciones se condensan en la Tabla 28, correspondientes a los metros cuadrados, cubiertos por los distintos materiales, y los porcentajes del terreno que cada uno ocupa.



56a.



56b.

Figura 56a y 56b. Ejemplo del proceso de cuantificación de los tipos de superficie urbana. La primera es la imagen policromática, de  $\text{píxel} = \text{m}^2$ , del satélite Ikonos de la zona en la cual se ubica la estación García Ginerés. La segunda imagen muestra el resultado del proceso de la clasificación supervisada realizada en un radio de 500m.

Tabla 28. Resultados de la clasificación de tipos de superficies

|                     |                 | SUPERFICIES EN M2 |            |         |               |                    |           |          | PORCENTAJES DE SUPERFICIE |            |         |               |                    |           |         |
|---------------------|-----------------|-------------------|------------|---------|---------------|--------------------|-----------|----------|---------------------------|------------|---------|---------------|--------------------|-----------|---------|
| ZBU                 | ESTACIÓN        | árboles           | pavimentos | azoteas | Tierra blanca | Vegetación rústica | nubosidad | TOTALES  | árboles                   | pavimentos | azoteas | tierra blanca | vegetación rústica | nubosidad | TOTALES |
| ZTU 1               | Estación centro | 199684            | 344313     | 176638  | 9512          | 38808              | 16439     | 785394.0 | 25.4                      | 43.8       | 22.5    | 1.2           | 4.9                | 2.1       | 100 %   |
| ZTU 2               | García Ginerés  | 352134            | 184692     | 102487  | 5338          | 132881             | 7858      | 785390.0 | 44.8                      | 23.5       | 13.0    | 0.7           | 16.9               | 1.0       | 100 %   |
|                     | Colonia México  | 242502            | 231972     | 138981  | 8338          | 153876             | 9734      | 785403.0 | 30.9                      | 29.5       | 17.7    | 1.1           | 19.6               | 1.2       | 100 %   |
|                     | Díaz Ordaz      | 130807            | 266744     | 121263  | 8676          | 244426             | 13465     | 785381.0 | 16.7                      | 34.0       | 15.4    | 1.1           | 31.1               | 1.7       | 100 %   |
|                     | Plaza Dorada    | 125414            | 261013     | 173240  | 17140         | 198248             | 10346     | 785401.0 | 16.0                      | 33.2       | 22.1    | 2.2           | 25.2               | 1.3       | 100 %   |
|                     | Regional CNA    | 167160            | 298982     | 147658  | 9657          | 153986             | 7953      | 785396.0 | 21.3                      | 38.1       | 18.8    | 1.2           | 19.6               | 1.0       | 100 %   |
|                     | Emiliano Zapata | 95813             | 323031     | 132423  | 6660          | 206835             | 20600     | 785362.0 | 12.2                      | 41.1       | 16.9    | 0.8           | 26.3               | 2.6       | 100 %   |
|                     | Miguel Alemán   | 190529            | 314205     | 117106  | 16224         | 133609             | 13748     | 785421.0 | 24.3                      | 40.0       | 14.9    | 2.1           | 17.0               | 1.8       | 100 %   |
| ZTU 4               | Juan Pablo II   | 324904            | 321636     | 71074   | 12070         | 55716              | 0         | 785400.0 | 41.4                      | 41.0       | 9.0     | 1.5           | 7.1                | 0.0       | 100 %   |
|                     | Observatorio    | 249029            | 173216     | 68721   | 8782          | 280788             | 4826      | 785362.0 | 31.7                      | 22.1       | 8.8     | 1.1           | 35.8               | 0.6       | 100 %   |
| ZTU 5               | Linda Vista     | 115606            | 236298     | 89097   | 14662         | 324618             | 5107      | 785388.0 | 14.7                      | 30.1       | 11.3    | 1.9           | 41.3               | 0.7       | 100 %   |
|                     | Kukulcán        | 221121            | 223156     | 77222   | 14064         | 244391             | 5461      | 785415.0 | 28.2                      | 28.4       | 9.8     | 1.8           | 31.1               | 0.7       | 100 %   |
|                     | CICY            | 183740            | 173080     | 95369   | 14917         | 311996             | 6277      | 785379.0 | 23.4                      | 22.0       | 12.1    | 1.9           | 39.7               | 0.8       | 100 %   |
|                     | PROSEY          | 28235             | 91595      | 15425   | 27487         | 615635             | 7524      | 785901.0 | 3.6                       | 11.7       | 2.0     | 3.5           | 78.3               | 1.0       | 100 %   |
|                     | Imperial        | 54431             | 308451     | 55894   | 22548         | 337052             | 7030      | 785406.0 | 6.9                       | 39.3       | 7.1     | 2.9           | 42.9               | 0.9       | 100 %   |
|                     | SEDENA          | 115625            | 120194     | 14013   | 15006         | 515293             | 5256      | 785387.0 | 14.7                      | 15.3       | 1.8     | 1.9           | 65.6               | 0.7       | 100 %   |
|                     | FIUADY          | 91947             | 152433     | 27723   | 11665         | 499414             | 2223      | 785405.0 | 11.7                      | 19.4       | 3.5     | 1.5           | 63.6               | 0.3       | 100 %   |
| ZTU 7               | Mérida III      | 581220            | 1881       | 69158   | 87            | 4706               | 128353    | 785405.0 | 74.0                      | 0.2        | 8.8     | 0.0           | 0.6                | 16.3      | 100 %   |
| ZTU 8               | La Ceiba        | 23625             | 4524       | 71881   | 0             | 685375             | 0         | 785405.0 | 3.0                       | 0.6        | 9.2     | 0.0           | 87.3               | 0.0       | 100 %   |
| Máxima              |                 | 581220            | 344313     | 176638  | 27487         | 615635             | 128353    |          | 74.0                      | 43.8       | 22.5    | 3.5           | 78.3               | 16.3      |         |
| Mínima              |                 | 28235             | 1881       | 14013   | 87            | 4706               | 0         |          | 3.6                       | 0.2        | 1.8     | 0.0           | 0.6                | 0.0       |         |
| Rango               |                 | 552985            | 342432     | 162625  | 27400         | 610929             | 128353    |          | 70.4                      | 43.6       | 20.7    | 3.5           | 77.7               | 16.3      |         |
| Media               |                 | 192772            | 223716     | 94083   | 12380         | 247349             | 15122     |          | 24.5                      | 28.5       | 12.0    | 1.6           | 31.5               | 1.9       |         |
| Mediana             |                 | 175450            | 234135     | 92233   | 11868         | 225613             | 7691      |          | 22.3                      | 29.8       | 11.7    | 1.5           | 28.7               | 1.0       |         |
| Desviación estándar |                 | 126280            | 90554      | 47925   | 6160          | 162776             | 27896     |          | 16.1                      | 11.5       | 6.1     | 0.8           | 20.7               | 3.6       |         |
| Cuartil 1           |                 | 115611            | 173114     | 68830   | 8703          | 138676             | 5307      |          | 14.7                      | 22.0       | 8.8     | 1.1           | 17.7               | 0.7       |         |
| Cuartil 2           |                 | 175450            | 234135     | 92233   | 11868         | 225613             | 7691      |          | 22.3                      | 29.8       | 11.7    | 1.5           | 28.7               | 1.0       |         |
| Cuartil 3           |                 | 237157            | 306084     | 129633  | 14984         | 321463             | 12685     |          | 30.2                      | 39.0       | 16.5    | 1.9           | 40.9               | 1.6       |         |

Se presentan los resultados en metros cuadrados y en porcentajes respecto de la superficie total del área clasificada.

## 7.2. Correlaciones entre coberturas urbanas y parámetros de temperatura

Para analizar la relación entre los porcentajes de superficies artificiales de la ciudad y las alteraciones de la temperatura dentro de su perímetro, primero se elaboraron las Tablas 29a y 29b en donde se presentan, en primer término, los porcentajes de los tipos de superficies urbanas en torno a cada estación, correspondientes a las variables independientes, producto del análisis realizado con el software “Erdas” cuyos resultados se presentan en la Tabla 30; en segundo término, las columnas subsecuentes contienen las variables dependientes que son los datos anuales y mensuales de temperaturas medias, extremas y promedio del aire, así como su oscilación, que son los resultados de las mediciones de campo presentadas en el anexo 1.

Debido a que en algunas estaciones no se contaba con datos de los doce meses fue necesario eliminar sus registros del análisis que se realiza en este capítulo. Igualmente, no se incluyeron los datos de junio, puesto que durante este mes la información faltante era de mayor número de estaciones que en los casos restantes.

Tablas 29a. Relación de variables independientes y variables dependientes del primer semestre de 2005.

| ESTACIONES      | % SUPERFICIES  |            |           |        | DATOS ANUALES |        |        |            | ENERO |        |        |            | FEBRERO |        |        |            | MARZO |        |        |            | ABRIL |        |        |            | MAYO  |        |        |            |
|-----------------|----------------|------------|-----------|--------|---------------|--------|--------|------------|-------|--------|--------|------------|---------|--------|--------|------------|-------|--------|--------|------------|-------|--------|--------|------------|-------|--------|--------|------------|
|                 | pavimento + az | vegetación | pavimento | azotea | media         | mínima | máxima | oscilación | media | mínima | máxima | oscilación | media   | mínima | máxima | oscilación | media | mínima | máxima | oscilación | media | mínima | máxima | oscilación | media | mínima | máxima | oscilación |
| Estación centro | 66.3           | 30.4       | 43.8      | 22.5   | 27.6          | 23.3   | 33.2   | 9.9        | 23.7  | 19.4   | 29.3   | 9.9        | 24.8    | 20.2   | 30.7   | 10.5       | 25.9  | 21.7   | 31.8   | 10.1       | 27.4  | 22.7   | 33.4   | 10.7       | 28.4  | 24.2   | 34.6   | 10.4       |
| García Ginerés  | 36.6           | 61.8       | 23.5      | 13.0   | 26.6          | 22.2   | 33.1   | 10.9       | 23.7  | 19.0   | 30.1   | 11.1       | 25.0    | 19.9   | 32.1   | 12.2       | 26.0  | 21.2   | 33.3   | 12.1       | 27.8  | 22.3   | 35.1   | 12.8       | 28.8  | 24.1   | 36.6   | 12.5       |
| Díaz Ordaz      | 49.4           | 47.8       | 34.0      | 15.4   | 26.2          | 21.8   | 31.9   | 10.1       | 23.5  | 18.6   | 29.5   | 10.9       | 24.7    | 19.5   | 31.1   | 11.6       | 25.8  | 21.0   | 32.4   | 11.4       | 27.3  | 22.1   | 34.0   | 11.9       | 28.4  | 23.8   | 35.2   | 11.4       |
| Plaza Dorada    | 55.3           | 41.2       | 33.2      | 22.1   | 26.8          | 22.6   | 32.1   | 9.4        | 24.1  | 19.6   | 29.4   | 9.8        | 25.2    | 20.6   | 30.9   | 10.3       | 26.3  | 21.8   | 32.3   | 10.5       | 27.9  | 22.8   | 34.0   | 11.2       | 29.0  | 24.8   | 35.4   | 10.6       |
| Regional CNA    | 56.9           | 40.9       | 38.1      | 18.8   | 26.7          | 22.3   | 33.5   | 11.2       | 23.8  | 19.2   | 30.2   | 11.0       | 24.9    | 20.1   | 32.0   | 11.9       | 26.0  | 21.2   | 33.3   | 12.1       | 27.6  | 22.2   | 34.8   | 12.6       | 28.8  | 24.2   | 36.9   | 12.6       |
| Emiliano Zapata | 58.0           | 38.5       | 41.1      | 16.9   | 26.3          | 21.8   | 32.4   | 10.7       | 23.2  | 18.3   | 29.2   | 10.9       | 24.6    | 19.3   | 31.0   | 11.7       | 25.9  | 21.0   | 32.8   | 11.8       | 27.6  | 22.0   | 34.7   | 12.7       | 28.6  | 23.5   | 36.3   | 12.8       |
| Miguel Alemán   | 54.9           | 41.3       | 40.0      | 14.9   | 27.0          | 22.3   | 33.7   | 11.4       | 24.1  | 18.6   | 31.1   | 12.5       | 25.1    | 19.8   | 32.2   | 12.4       | 26.2  | 21.2   | 33.6   | 12.4       | 27.9  | 22.3   | 35.2   | 12.9       | 28.8  | 23.8   | 36.3   | 12.5       |
| Juan Pablo II   | 50.0           | 48.5       | 41.0      | 9.0    | 26.5          | 22.0   | 32.5   | 10.5       | 23.8  | 18.9   | 30.1   | 11.2       | 24.9    | 20.0   | 31.6   | 11.6       | 25.7  | 20.8   | 32.8   | 12.0       | 27.4  | 22.1   | 34.3   | 12.2       | 28.6  | 24.3   | 35.4   | 11.1       |
| Observatorio    | 30.8           | 67.5       | 22.1      | 8.8    | 26.6          | 21.6   | 32.8   | 11.2       | 23.9  | 18.2   | 30.4   | 12.2       | 25.0    | 19.5   | 32.0   | 12.5       | 26.0  | 20.5   | 33.1   | 12.6       | 27.7  | 21.7   | 34.7   | 13.0       | 28.9  | 24.1   | 36.4   | 12.3       |
| Linda Vista     | 41.4           | 56.1       | 30.1      | 11.3   | 26.7          | 22.3   | 32.7   | 10.5       | 23.7  | 18.9   | 29.9   | 11.0       | 24.9    | 19.9   | 31.6   | 11.7       | 26.0  | 21.1   | 32.9   | 11.8       | 27.6  | 22.1   | 34.6   | 12.5       | 28.6  | 24.0   | 35.6   | 11.6       |
| Kukulcán        | 38.2           | 59.3       | 28.4      | 9.8    | 25.9          | 21.1   | 32.2   | 11.1       | 23.2  | 17.7   | 30.0   | 12.3       | 24.5    | 18.7   | 31.5   | 12.8       | 25.7  | 20.5   | 32.5   | 12.0       | 27.2  | 21.7   | 33.9   | 12.2       | 28.2  | 23.2   | 35.2   | 12.0       |
| PROSEY          | 13.6           | 81.9       | 11.7      | 2.0    | 25.1          | 20.4   | 31.1   | 10.8       | 22.4  | 16.8   | 29.0   | 12.2       | 23.7    | 17.9   | 30.4   | 12.5       | 25.0  | 20.1   | 31.4   | 11.3       | 26.3  | 20.6   | 32.9   | 12.3       | 27.4  | 22.7   | 34.0   | 11.3       |
| FIUADY          | 22.9           | 75.3       | 19.4      | 3.5    | 24.6          | 20.2   | 30.2   | 10.0       | 22.5  | 17.7   | 28.2   | 10.5       | 23.8    | 18.6   | 30.1   | 11.5       | 24.6  | 20.1   | 30.6   | 10.5       | 25.6  | 20.6   | 31.4   | 10.8       | 26.5  | 22.3   | 32.4   | 10.2       |
| Mérida III      | 9.0            | 74.6       | 0.2       | 8.8    | 26.1          | 21.1   | 32.7   | 11.6       | 22.8  | 17.2   | 29.5   | 12.3       | 24.1    | 18.4   | 31.2   | 12.8       | 25.1  | 19.5   | 32.8   | 13.3       | 26.8  | 20.7   | 34.4   | 13.7       | 28.1  | 23.1   | 36.1   | 13.0       |
| La Ceiba        | 9.7            | 90.3       | 0.6       | 9.2    | 25.1          | 20.0   | 31.5   | 11.5       | 22.0  | 16.2   | 28.7   | 12.5       | 23.4    | 17.2   | 30.3   | 13.1       | 24.7  | 19.3   | 31.5   | 12.2       | 26.0  | 19.9   | 33.0   | 13.1       | 27.3  | 22.3   | 33.8   | 11.5       |

La primera sección de las tablas presenta las variables independientes, que son los porcentajes de superficies urbanas que cubren la superficie del terreno; la segunda sección presenta las variables dependientes que son las temperaturas medias, máximas, mínimas y la oscilación del primer semestre de 2005. El porcentaje de vegetación integra los porcentajes de árboles más la vegetación rústica.

Tablas 29b. Relación de variables independientes y variables dependientes del segundo semestre de 2004.

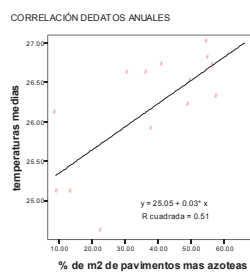
| ESTACIONES      | % SUPERFICIES                |           |        |      | JULIO |        |        |            | AGOSTO |        |        |            | SEPTIEMBRE |        |        |            | OCTUBRE |        |        |            | NOVIEMBRE |        |        |            | DICIEMBRE |        |        |            |
|-----------------|------------------------------|-----------|--------|------|-------|--------|--------|------------|--------|--------|--------|------------|------------|--------|--------|------------|---------|--------|--------|------------|-----------|--------|--------|------------|-----------|--------|--------|------------|
|                 | pavimento + az<br>vegetación | pavimento | azotea |      | media | mínima | máxima | oscilación | media  | mínima | máxima | oscilación | media      | mínima | máxima | oscilación | media   | mínima | máxima | oscilación | media     | mínima | máxima | oscilación | media     | mínima | máxima | oscilación |
|                 |                              |           |        |      |       |        |        |            |        |        |        |            |            |        |        |            |         |        |        |            |           |        |        |            |           |        |        |            |
| Estación centro | 66.3                         | 30.4      | 43.8   | 22.5 | 30.6  | 26.0   | 36.8   | 10.7       | 31.2   | 26.6   | 37.3   | 10.7       | 30.9       | 26.6   | 35.9   | 9.3        | 29.5    | 25.3   | 34.6   | 9.3        | 26.8      | 22.7   | 32.1   | 9.5        | 24.4      | 20.9   | 28.8   | 7.9        |
| García Ginerés  | 36.6                         | 61.8      | 23.5   | 13.0 | 28.2  | 23.9   | 34.6   | 10.7       | 28.5   | 24.4   | 35.2   | 10.8       | 27.8       | 24.0   | 33.8   | 9.8        | 27.1    | 23.4   | 32.2   | 8.8        | 25.8      | 21.6   | 31.4   | 9.8        | 23.9      | 20.0   | 29.5   | 9.5        |
| Díaz Ordaz      | 49.4                         | 47.8      | 34.0   | 15.4 | 27.6  | 23.7   | 33.2   | 9.6        | 27.8   | 24.0   | 33.8   | 9.8        | 27.3       | 24.0   | 32.1   | 8.1        | 26.6    | 23.1   | 30.8   | 7.8        | 25.3      | 20.9   | 30.6   | 9.7        | 23.6      | 19.6   | 28.6   | 9.0        |
| Plaza Dorada    | 55.3                         | 41.2      | 33.2   | 22.1 | 28.2  | 24.3   | 33.7   | 9.4        | 28.6   | 24.8   | 34.0   | 9.3        | 28.1       | 24.2   | 32.8   | 8.5        | 27.2    | 23.8   | 31.1   | 7.3        | 25.8      | 21.9   | 30.6   | 8.7        | 23.9      | 20.3   | 28.4   | 8.1        |
| Regional CNA    | 56.9                         | 40.9      | 38.1   | 18.8 | 28.5  | 24.1   | 35.8   | 11.6       | 28.9   | 24.6   | 36.4   | 11.9       | 28.4       | 24.1   | 35.0   | 10.8       | 27.4    | 23.5   | 32.6   | 9.0        | 25.8      | 21.6   | 31.8   | 10.2       | 23.8      | 19.9   | 29.4   | 9.5        |
| Emiliano Zapata | 58.0                         | 38.5      | 41.1   | 16.9 | 28.0  | 23.6   | 34.1   | 10.5       | 28.2   | 24.1   | 34.7   | 10.7       | 27.9       | 24.3   | 33.4   | 9.1        | 26.7    | 22.9   | 31.3   | 8.4        | 25.2      | 20.7   | 30.8   | 10.1       | 23.6      | 19.8   | 28.6   | 8.8        |
| Miguel Alemán   | 54.9                         | 41.3      | 40.0   | 14.9 | 28.3  | 23.9   | 35.1   | 11.3       | 28.6   | 24.2   | 35.1   | 10.9       | 28.3       | 24.2   | 34.3   | 10.1       | 27.2    | 23.3   | 32.2   | 8.9        | 25.9      | 21.2   | 31.6   | 10.4       |           |        |        |            |
| Juan Pablo II   | 50.0                         | 48.5      | 41.0   | 9.0  | 27.9  | 23.6   | 33.8   | 10.2       | 28.4   | 24.4   | 34.2   | 9.9        | 27.8       | 23.6   | 33.5   | 9.8        | 27.2    | 23.5   | 31.5   | 8.1        | 25.7      | 21.5   | 30.9   | 9.4        | 23.7      | 19.3   | 29.4   | 10.1       |
| Observatorio    | 30.8                         | 67.5      | 22.1   | 8.8  | 27.9  | 23.1   | 34.1   | 11.0       | 28.3   | 23.8   | 34.1   | 10.3       | 27.6       | 23.2   | 33.1   | 9.9        | 27.2    | 23.3   | 31.9   | 8.7        | 26.0      | 21.5   | 31.5   | 10.0       | 23.9      | 19.2   | 29.7   | 10.5       |
| Linda Vista     | 41.4                         | 56.1      | 30.1   | 11.3 | 28.4  | 24.3   | 34.2   | 9.9        | 28.8   | 24.8   | 34.8   | 10.0       | 28.4       | 24.4   | 33.7   | 9.4        | 27.3    | 23.7   | 31.7   | 8.0        | 25.9      | 21.6   | 31.3   | 9.7        | 24.0      | 20.0   | 29.6   | 9.6        |
| Kukulcán        | 38.2                         | 59.3      | 28.4   | 9.8  | 27.1  | 22.8   | 33.2   | 10.4       | 27.4   | 23.3   | 33.1   | 9.7        | 27.0       | 23.3   | 32.1   | 8.8        |         |        |        |            | 25.2      | 20.4   | 31.3   | 10.9       | 23.4      | 19.0   | 28.9   | 9.9        |
| PROSEY          | 13.6                         | 81.9      | 11.7   | 2.0  | 26.4  | 22.1   | 31.9   | 9.8        | 26.8   | 22.5   | 32.6   | 10.1       | 26.3       | 22.4   | 31.2   | 8.8        | 25.5    | 21.5   | 30.6   | 9.1        | 24.2      | 19.4   | 30.3   | 10.9       | 22.5      | 18.0   | 28.1   | 10.2       |
| FIUADY          | 22.9                         | 75.3      | 19.4   | 3.5  | 26.6  | 22.3   | 32.5   | 10.2       | 26.8   | 22.6   | 32.9   | 10.3       | 25.4       | 21.5   | 30.4   | 8.9        | 24.2    | 20.6   | 29.1   | 8.5        | 23.1      | 18.5   | 28.8   | 10.3       | 21.1      | 17.6   | 25.8   | 8.2        |
| Mérida III      | 9.0                          | 74.6      | 0.2    | 8.8  | 27.9  | 23.1   | 34.5   | 11.3       | 28.3   | 23.8   | 34.7   | 11.0       | 27.5       | 23.2   | 33.5   | 10.2       | 27.1    | 23.1   | 32.1   | 9.0        | 25.8      | 20.9   | 31.6   | 10.6       | 23.5      | 18.7   | 29.6   | 10.9       |
| La Ceiba        | 9.7                          | 90.3      | 0.6    | 9.2  | 26.8  | 21.9   | 32.9   | 11.1       | 27.2   | 22.5   | 34.1   | 11.6       | 26.7       | 22.2   | 32.4   | 10.2       | 25.8    | 21.7   | 31.0   | 9.4        | 24.2      | 19.4   | 30.3   | 10.8       | 22.2      | 17.5   | 28.1   | 10.6       |

La primera sección de las tablas presenta las variables independientes, que son los porcentajes de superficies urbanas que cubren la superficie del terreno; la segunda sección presenta las variables dependientes que son las temperaturas medias, máximas, mínimas y la oscilación del segundo semestre de 2004. El porcentaje de vegetación integra los porcentajes de árboles más la vegetación rústica.

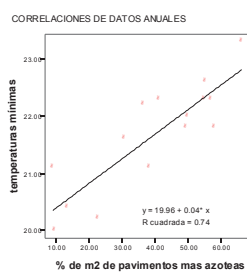
Puesto que la capa atmosférica que se está estudiando queda por debajo de la altura promedio de las azoteas, éstas no deben influir directamente en la temperatura del aire; su inclusión como variables dependientes se debe a que son un indicador del efecto que producen las construcciones que cubren, que sí afectan las temperaturas debido a los intercambios térmicos de sus componentes verticales con el aire, así como a la obstrucción del flujo de éste y de la evaporación de la humedad del suelo que ocupan.

En el caso de la zona centro, el efecto de las construcciones es importante, tanto por su cantidad como por su distribución continua; afectan el contexto urbano de manera evidente (ver Capítulo 4), puesto que con el calor que acumulan calientan la masa atmosférica confinada en los “cañones urbanos”, mantienen fuerte intercambio de radiación de onda larga con las personas y obstruyen el intercambio de aire con un medio menos cálido como son los centros de las manzanas o patios de los edificios que muchas veces se encuentran arboladas.

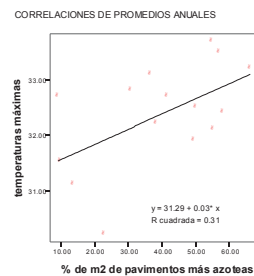
### 7.2.1. Correlaciones entre las temperaturas mínimas mensuales y anuales y las variables independientes



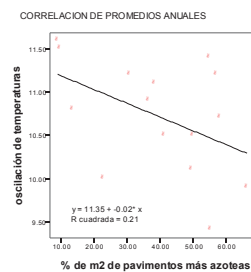
$R = 0.717, R^2 = 0.51, p = 0.004$   
29a.



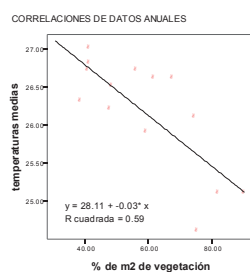
$R = 0.859, R^2 = 0.74, p = 0.000$   
29b.



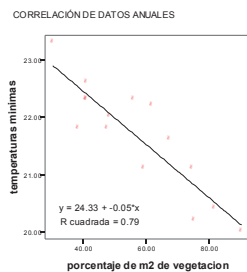
$R = 0.555, R^2 = 0.31, p = 0.032,$   
29c.



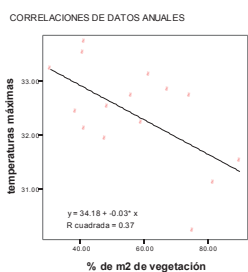
$R = -0.462, R^2 = 0.21, p = 0.083$   
29d.



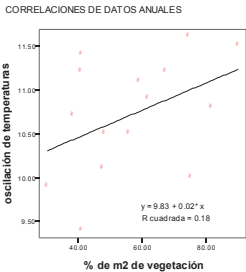
$R = -0.767, R^2 = 0.59, p = 0.001$   
29e.



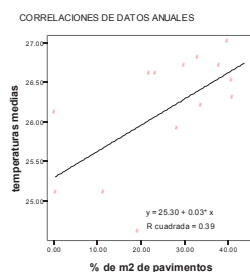
$R = -0.888, R^2 = 0.79, p = 0.00$   
29f.



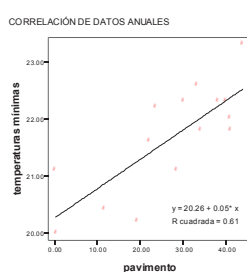
$R = -.608, R^2 = 0.37, p = 0.016$   
29g.



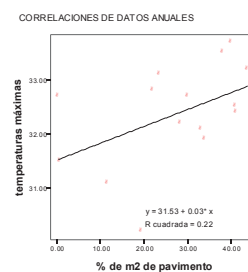
$R = 0.427, R^2 = 0.18, p = 0.112$   
29h.



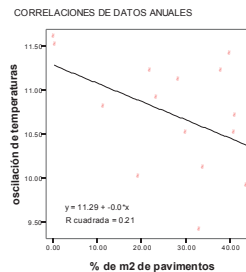
$R = 0.628, R^2 = 0.39, p = 0.016$   
29i.



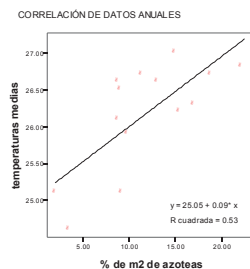
$R = 0.780, R^2 = 0.61, p = 0.001$   
29j.



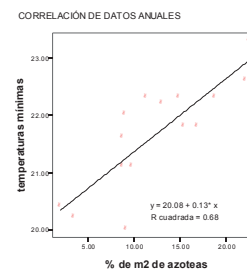
$R = 0.473, R^2 = 0.22, p = .075$   
29k.



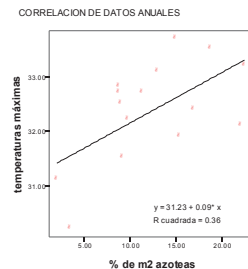
$R = -0.455, R^2 = 0.21, p = 0.088$   
29l.



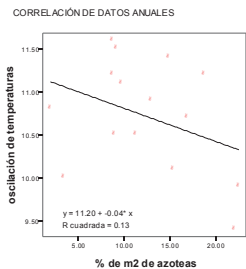
$R = 0.725, R^2 = 0.53, p = .003$   
29m.



$R = 0.827, R^2 = 0.68, p = 0.000,$   
29n.



$R = .604, R^2 = 0.36, p = 0.017$   
29o.



$R = -0.362, R^2 = 0.13, p = 0.185$   
29p.

Gráficas de la 29a a la 29p de dispersión y líneas de ajuste que correlacionan los porcentajes de tipos de superficies urbanas, como variables independientes y los parámetros anuales de la temperatura del aire como variables dependientes. En el anexo 2 se encuentran los correspondientes a los promedios mensuales.

Las gráficas de la 29a a la 29p corresponden al análisis de correlaciones estadísticas entre las variables independientes y los promedios anuales. Presentan el estudio de correlaciones los diagramas de dispersión, las líneas de ajuste, los coeficientes de correlación (R), los coeficientes de determinación  $R^2$  y los valores p <sup>(8)</sup> entre las variables independientes y las dependientes presentadas previamente en las tablas 29a y 29b.

En la Tabla 30 se muestran los valores previamente presentados en las gráficas de la 29a a la 29p. Se ha resaltado con colores los coeficientes de correlación importantes de acuerdo al siguiente criterio:



Analizando la tabla se encuentra que los coeficientes de correlación entre las temperaturas mínimas promedio, mensuales y anuales, y las cuatro variables independientes presentan valores de “regular alto” a “muy intensos” en casi todos los casos (el 95.5%). En relación con la vegetación, esos valores son negativos, lo cual significa que existe una relación indirecta entre esta variable y las temperaturas. Respecto de las superficies artificiales, el coeficiente de correlación es positivo, lo que indica que la temperatura aumenta en proporción directa a la cantidad de esas superficies. En valor absoluto son mayores los coeficientes de correlación de las temperaturas mínimas con la vegetación y con la suma de azoteas más pavimentos que con respecto sólo a pavimentos y sólo a vegetación.

En referencia específica a los valores R de los promedios anuales de las temperaturas mínimas respecto de pavimentos más azoteas, vegetación y sólo azoteas son “regulares altos”, con valores de 0.859, -0.888 y 0.827, respectivamente, y  $p = 0.000$  para los tres casos; en relación con pavimentos el valor R es de 0.780, “regular alto”, con  $p$  valor = 0.001.

<sup>8</sup> Término estadístico. Medida de la probabilidad de que una diferencia entre grupos durante un experimento haya sucedido por casualidad. Por ejemplo, un valor P de ,01 ( $p = .01$ ) significa que hay 1 en 100 oportunidades de que el resultado haya ocurrido por casualidad. Cuanto más bajo es el valor P, es más probable que la diferencia entre los grupos fue causada por el tratamiento.

Tabla 30. Concentrado de correlaciones estadísticas

| VARIABLES    |            | año            | 2005   |         |        |        |        | 2004  |        |        |            |         |           |           |        |  |  |
|--------------|------------|----------------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|------------|---------|-----------|-----------|--------|--|--|
| Indepen.     | Depend.    | mes            | enero  | febrero | marzo  | abril  | mayo   | junio | julio  | agosto | septiembre | octubre | noviembre | diciembre | AÑO    |  |  |
| pav. más az. | media      | R              | 0.748  | 0.787   | 0.804  | 0.733  | 0.664  |       | 0.709  | 0.677  | 0.712      | 0.635   | 0.601     | 0.649     | 0.717  |  |  |
|              |            | R <sup>2</sup> | 0.62   | 0.620   | 0.650  | 0.540  | 0.440  |       | 0.500  | 0.460  | 0.510      | 0.400   | 0.360     | 0.420     | 0.510  |  |  |
|              |            | p              | 0.001  | 0.000   | 0.000  | 0.002  | 0.007  |       | 0.003  | 0.006  | 0.003      | 0.001   | 0.018     | 0.012     | 0.004  |  |  |
|              | mínima     | R              | 0.868  | 0.848   | 0.914  | 0.910  | 0.759  |       | 0.817  | 0.782  | 0.803      | 0.706   | 0.696     | 0.858     | 0.859  |  |  |
|              |            | R <sup>2</sup> | 0.750  | 0.720   | 0.830  | 0.830  | 0.580  |       | 0.670  | 0.610  | 0.640      | 0.500   | 0.480     | 0.740     | 0.740  |  |  |
|              |            | p              | 0.000  | 0.000   | 0.000  | 0.000  | 0.001  |       | 0.000  | 0.001  | 0.000      | 0.005   | 0.004     | 0.000     | 0.000  |  |  |
|              | máxima     | R              | 0.416  | 0.376   | 0.416  | 0.430  | 0.417  |       | 0.623  | 0.577  | 0.610      | 0.484   | 0.418     | 0.239     | 0.555  |  |  |
|              |            | R <sup>2</sup> | 0.170  | 0.140   | 0.170  | 0.190  | 0.170  |       | 0.390  | 0.330  | 0.370      | 0.230   | 0.170     | 0.060     | 0.310  |  |  |
|              |            | p              | 0.123  | 0.167   | 0.123  | 0.110  | 0.122  |       | 0.013  | 0.024  | 0.016      | 0.079   | 0.121     | 0.411     | 0.032  |  |  |
|              | oscilación | R              | -0.604 | -0.687  | -0.377 | -0.412 | 0.084  |       | -0.101 | -0.139 | -0.128     | -0.370  | -0.636    | -0.664    | -0.462 |  |  |
|              |            | R <sup>2</sup> | 0.017  | 0.470   | 0.140  | 0.170  | 0.010  |       | 0.010  | 0.020  | 0.020      | 0.140   | 0.400     | 0.440     | 0.210  |  |  |
|              |            | p              | 0.036  | 0.005   | 0.166  | 0.127  | 0.766  |       | 0.719  | 0.622  | 0.649      | 0.193   | 0.011     | 0.010     | 0.083  |  |  |
| vegetación   | media      | R              | -0.790 | -0.793  | -0.806 | -0.754 | -0.693 |       | -0.756 | -0.724 | -0.753     | -0.689  | -0.667    | -0.705    | -0.767 |  |  |
|              |            | R <sup>2</sup> | 0.620  | 0.630   | 0.650  | 0.570  | 0.480  |       | 0.570  | 0.520  | 0.570      | 0.480   | 0.450     | 0.500     | 0.590  |  |  |
|              |            | p              | 0.000  | 0.000   | 0.000  | 0.001  | 0.004  |       | 0.001  | 0.002  | 0.001      | 0.006   | 0.007     | 0.005     | 0.001  |  |  |
|              | mínima     | R              | -0.865 | -0.853  | -0.891 | -0.911 | -0.770 |       | -0.853 | -0.823 | -0.842     | -0.756  | -0.740    | -0.891    | -0.888 |  |  |
|              |            | R <sup>2</sup> | 0.750  | 0.730   | 0.790  | 0.830  | 0.590  |       | 0.730  | 0.680  | 0.710      | 0.570   | 0.550     | 0.790     | 0.790  |  |  |
|              |            | p              | 0.000  | 0.000   | 0.000  | 0.000  | 0.001  |       | 0.000  | 0.000  | 0.000      | 0.002   | 0.002     | 0.000     | 0.000  |  |  |
|              | máxima     | R              | -0.433 | -0.388  | -0.462 | -0.478 | -0.479 |       | -0.680 | -0.616 | -0.658     | -0.538  | -0.488    | -0.299    | -0.608 |  |  |
|              |            | R <sup>2</sup> | 0.190  | 0.150   | 0.210  | 0.230  | 0.230  |       | 0.460  | 0.380  | 0.430      | 0.290   | 0.240     | 0.090     | 0.370  |  |  |
|              |            | p              | 0.107  | 0.153   | 0.083  | 0.071  | 0.071  |       | 0.005  | 0.015  | 0.008      | 0.047   | 0.065     | 0.299     | 0.016  |  |  |
|              | oscilación | R              | 0.587  | 0.682   | 0.314  | 0.356  | 0.010  |       | 0.061  | 0.125  | 0.106      | 0.360   | 0.624     | 0.635     | 0.427  |  |  |
|              |            | R <sup>2</sup> | 0.340  | 0.460   | 0.100  | 0.130  | 0.000  |       | 0.000  | 0.020  | 0.010      | 0.130   | 0.390     | 0.400     | 0.180  |  |  |
|              |            | p              | 0.121  | 0.005   | 0.255  | 0.193  | 0.973  |       | 0.828  | 0.656  | 0.707      | 0.201   | 0.013     | 0.015     | 0.112  |  |  |
| pavimento    | media      | R              | 0.760  | 0.758   | 0.750  | 0.674  | 0.589  |       | 0.601  | 0.569  | 0.602      | 0.527   | 0.502     | 0.559     | 0.628  |  |  |
|              |            | R <sup>2</sup> | 0.580  | 0.580   | 0.560  | 0.450  | 0.350  |       | 0.360  | 0.320  | 0.360      | 0.280   | 0.250     | 0.310     | 0.390  |  |  |
|              |            | p              | 0.001  | 0.001   | 0.001  | 0.006  | 0.021  |       | 0.018  | 0.027  | 0.018      | 0.053   | 0.056     | 0.038     | 0.016  |  |  |
|              | mínima     | R              | 0.828  | 0.815   | 0.871  | -0.867 | 0.696  |       | 0.723  | 0.686  | 0.703      | 0.602   | 0.596     | 0.768     | 0.780  |  |  |
|              |            | R <sup>2</sup> | 0.690  | 0.660   | 0.760  | 0.750  | 0.480  |       | 0.520  | 0.470  | 0.490      | 0.360   | 0.360     | 0.590     | 0.610  |  |  |
|              |            | p              | 0.000  | 0.000   | 0.000  | 0.000  | 0.004  |       | 0.002  | 0.005  | 0.003      | 0.023   | 0.019     | 0.001     | 0.001  |  |  |
|              | máxima     | R              | 0.433  | 0.388   | 0.383  | 0.376  | 0.351  |       | 0.515  | 0.451  | 0.503      | 0.376   | 0.327     | 0.181     | 0.473  |  |  |
|              |            | R <sup>2</sup> | 0.190  | 0.150   | 0.150  | 0.140  | 0.120  |       | 0.260  | 0.200  | 0.250      | 0.140   | 0.110     | 0.030     | 0.220  |  |  |
|              |            | p              | 0.107  | 0.153   | 0.158  | 0.167  | 0.200  |       | 0.050  | 0.091  | 0.056      | 0.185   | 0.234     | 0.536     | 0.075  |  |  |
|              | oscilación | R              | -0.548 | -0.637  | -0.372 | -0.432 | -0.118 |       | -0.157 | -0.221 | -0.167     | -0.388  | -0.574    | -0.628    | -0.455 |  |  |
|              |            | R <sup>2</sup> | 0.300  | 0.011   | 0.140  | 0.190  | 0.001  |       | 0.010  | 0.050  | 0.030      | 0.150   | 0.330     | 0.390     | 0.210  |  |  |
|              |            | p              | 0.034  | 0.410   | 0.172  | 0.108  | 0.676  |       | 0.576  | 0.426  | 0.552      | 0.171   | 0.025     | 0.016     | 0.088  |  |  |
| azoteas      | media      | R              | 0.642  | 0.654   | 0.727  | 0.685  | 0.670  |       | 0.784  | 0.758  | 0.792      | 0.732   | 0.679     | 0.689     | 0.725  |  |  |
|              |            | R <sup>2</sup> | 0.410  | 0.430   | 0.530  | 0.470  | 0.450  |       | 0.620  | 0.650  | 0.630      | 0.540   | 0.460     | 0.470     | 0.530  |  |  |
|              |            | p              | 0.010  | 0.080   | 0.002  | 0.005  | 0.006  |       | 0.001  | 0.000  | 0.000      | 0.003   | 0.005     | 0.006     | 0.003  |  |  |
|              | mínima     | R              | 0.742  | 0.711   | 0.782  | 0.780  | 0.713  |       | 0.829  | 0.808  | 0.835      | 0.776   | 0.754     | 0.846     | 0.827  |  |  |
|              |            | R <sup>2</sup> | 0.550  | 0.510   | 0.610  | 0.610  | 0.510  |       | 0.690  | 0.570  | 0.700      | 0.600   | 0.570     | 0.720     | 0.680  |  |  |
|              |            | p              | 0.002  | 0.003   | 0.001  | 0.001  | 0.003  |       | 0.000  | 0.001  | 0.000      | 0.001   | 0.001     | 0.000     | 0.000  |  |  |
|              | máxima     | R              | 0.272  | 0.251   | 0.386  | 0.447  | 0.466  |       | 0.720  | 0.724  | 0.708      | 0.618   | 0.524     | 0.310     | 0.604  |  |  |
|              |            | R <sup>2</sup> | 0.070  | 0.060   | 0.150  | 0.200  | 0.220  |       | 0.520  | 0.520  | 0.500      | 0.380   | 0.270     | 0.100     | 0.360  |  |  |
|              |            | p              | 0.327  | 0.368   | 0.155  | 0.095  | 0.080  |       | 0.002  | 0.002  | 0.003      | 0.018   | 0.045     | 0.281     | 0.017  |  |  |
|              | oscilación | R              | -0.583 | -0.630  | -0.293 | 0.261  | 0.362  |       | 0.055  | 0.088  | -0.006     | -0.236  | -0.620    | -0.579    | -0.362 |  |  |
|              |            | R <sup>2</sup> | 0.340  | 0.400   | 0.009  | 0.070  | 0.130  |       | 0.000  | 0.010  | 0.000      | 0.060   | 0.380     | 0.330     | 0.130  |  |  |
|              |            | p              | 0.023  | 0.012   | 0.289  | 0.348  | 0.185  |       | 0.847  | 0.756  | 0.983      | 0.416   | 0.014     | 0.03      | 0.185  |  |  |

R = Coeficiente de correlación

R<sup>2</sup> = Coeficiente de determinación

p = nivel de significación empírico de contraste

Clasificación de los coeficientes de correlación:

Muy intensa ( $|R| > .900$ )Intensa ( $.800 < |R| > .900$ )Regular alta ( $.650 < |R| > .800$ )

La tabla presenta los coeficientes de correlación, de determinación y valores p entre tipos de superficies urbanas y parámetros anuales y mensuales de temperatura del aire.

Considerando las temperaturas mínimas mensuales de cada estación, las más altas, relacionadas con la mayor cantidad de superficies artificiales, se explican por la mayor capacidad de acumulación de calor de los materiales pétreos que la vegetación. Además, los materiales pétreos obstaculizan la evaporación de la humedad del subsuelo y el consiguiente enfriamiento. Según los resultados numéricos obtenidos, se produce un fenómeno de inercia térmica consistente en que el calor acumulado en superficies como pavimentos y azoteas no logra disiparse antes del amanecer, por lo que se sigue calentando el aire en contacto con aquellas superficies.

De manera semejante, considerando las temperaturas mínimas mensuales de cada estación, las más bajas, relacionadas con la mayor cantidad de vegetación, se explican, por el contrario, a través de la menor acumulación de calor en las plantas y del enfriamiento debido a los fenómenos de evapotranspiración de éstas y de evaporación del suelo en el que se encuentran.

#### *7.2.2. Correlaciones entre las temperaturas medias y las variables independientes*

En la Tabla 30 también se puede apreciar la tendencia de las temperaturas medias al presentar altos coeficientes de correlación respecto de las variables independientes, aunque menores que respecto a las temperaturas mínimas. Estos valores de R, por lo general, son de intensidad “regular alta” ( $|R|$  arriba de 0.650), eso es así principalmente para las variables de vegetación y azoteas, en segundo término con respecto a azoteas más pavimentos, y en tercero respecto de pavimentos, aunque en éste último caso R no alcanza la categoría de regular alto ( $|R|$  por debajo de 0.650).

En referencia específica a las R de las medias anuales con pavimentos más azoteas, vegetación y azoteas, los valores son “regulares altos” de 0.717, -0.767 y 0.725, respectivamente, y valor  $p \leq 0.004$ ; la R de las medias anuales con pavimentos es regular bajo, con  $p$  valor = 0.016.

Nuevamente, el coeficiente de correlación entre temperaturas medias y vegetación es negativo y con las restantes variables independientes es positivo, lo

cual refuerza la evidencia de relación directa entre cantidad de vegetación y disminución de temperatura, y entre superficies artificiales e incremento general de temperaturas.

La explicación del comportamiento descrito de las superficies artificiales en relación con las temperaturas medias, de manera semejante a la explicación dada para las temperaturas mínimas más altas, es la mayor cantidad de calor que acumulan los materiales pétreos en comparación con otros tipos de materiales. Por el contrario, la menor cantidad de calor en relación con la mayor cantidad de vegetación se puede explicar por la menor acumulación de calor en la vegetación y por el enfriamiento resultante de la evapotranspiración de las plantas y de la evaporación de la humedad del subsuelo.

En el caso de la correlación entre las medias mensuales y pavimentos más azoteas, aunque el valor  $R$  no es alto en todos los casos en octubre, noviembre y diciembre, se encuentra entre 0.601 y 0.649, en el resto de los meses se encuentra por encima de los 0.650, y respecto de la media anual, que es un valor promedio de las medias mensuales,  $R = 0.717$ , regular alta, con valor de  $p$  igual a 0.004.

### *7.2.3. Correlaciones de las temperaturas máximas y de la oscilación de la temperatura con las variables independientes*

En el caso de temperaturas máximas y la oscilación, sólo se encontraron correlaciones regulares altas entre azoteas y las máximas temperaturas de los meses de julio, agosto y septiembre, los más lluviosos, pero no en los otros 9, ni con los otros tipos de superficies como puede apreciarse en la Tabla 30. El hecho de que no exista correlación lineal entre las máximas temperaturas y los porcentajes de tipos de superficies, pero que sí se haya encontrado mayores temperaturas máximas en la ciudad que en los sitios con menos alteraciones urbanas (como se asienta en el resumen del análisis de las variaciones de temperatura en la ciudad del Capítulo 4) sólo indica que las temperaturas máximas no se elevan conforme hay mayor presencia de porcentajes de superficies artificiales y, por tanto, otra es la explicación que se plantea en las conclusiones.

---

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

A continuación se hace una recapitulación y se asientan conclusiones acerca de los resultados más importantes obtenidos respecto de los objetivos, las preguntas y las hipótesis de la investigación que sustenta esta tesis.

### CARACTERÍSTICAS DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIO TEMPORAL DE LA TEMPERATURA DEL AIRE EN LA CIUDAD

Como primer paso, atendiendo los objetivos y la metodología planteada, durante un período de 12 meses se registró la temperatura del aire de la capa atmosférica situada por debajo del nivel promedio de las azoteas en sitios dentro de la ciudad de Mérida, en sus límites y en un lugar aledaño con características rurales; seguidamente se caracterizó, con los datos obtenidos, la variabilidad de sus condiciones térmicas espacio temporales.

#### *Distribución térmica*

Respecto de la primera pregunta de investigación ¿Cuáles son las características y magnitudes de las variaciones espacio temporales de temperatura que se presentan en la ciudad y el medio no urbano circundante? se puede concluir que a cada hora las temperaturas de las zonas de la ciudad difieren entre sí y de las condiciones naturales que la rodean, y que existen

diferencias entre las oscilaciones térmicas de esas zonas, así como desfase horario en el desarrollo de los ciclos térmicos diarios.

En términos generales, se registraron temperaturas más elevadas en el interior de la mancha urbana que en sus límites y el medio rural circundante. La única excepción se encontró en el centro histórico, en donde durante los meses menos húmedos, de enero a junio, por algunas horas se mantuvieron condiciones térmicas más bajas, como puede observarse en las gráficas de la 7g a la 7l, y en los mapas térmicos del mes de enero de las 9:00, 12:00 y 15:00 horas (figuras de la 53d a la 53f del Capítulo 4).

Específicamente, en la época seca las temperaturas del centro se igualaron a las de la estación que se encuentra fuera de la mancha urbana en torno a las 8:00 horas, pasando a ser menores desde ese momento hasta alrededor de las 14:00 horas. Condiciones semejantes se han encontrado en otras investigaciones; algunos autores se refieren a este fenómeno como las “islas frías” (McPherson, 1994; Pérez et al, 2003).

En general, la variabilidad térmica del centro urbano fue diferente respecto de la de otros sitios, como muestran las gráficas de la 7a a la 7l del Capítulo 4. La explicación está relacionada con las características físicas de los materiales, pero también con las morfologías de las diferentes zonas, puesto que éstas impactan de diferente manera el flujo del aire, evitando o propiciando la homogenización de las condiciones de la capa atmosférica estudiada. El centro de la ciudad presentó características térmicas notoriamente peculiares en relación con el resto de la mancha urbana.

La explicación es que, en ese sector, los edificios contiguos unos con otros aíslan los interiores de las manzanas respecto de los volúmenes de aire de los cañones urbanos. Éstos están conformados por envolventes poco permeables al viento en el sentido transversal de las calles y poco permeables a la humedad a través del pavimento; por otra parte, mantienen alta concentración de calor y temperatura radiante.

Por el contrario, los centros de las manzanas por lo general cuentan con vegetación que, de acuerdo con Nowak (2005), entre sus múltiples propiedades, a

través de la evapotranspiración y fronda afectan la temperatura del aire, la absorción de la radiación y el almacenamiento de calor; el porcentaje de coberturas artificiales es reducido, lo que permite el enfriamiento por la evaporación de la humedad del suelo (Myer, 1991).

Al no haber libre flujo del viento entre las calles y los patios no se mezclan y homogenizan las condiciones térmicas de sus masas atmosféricas<sup>9</sup>.

Por el contrario, en las colonias y fraccionamientos fuera del centro histórico las condiciones son otras. No se conforman los cañones urbanos porque los edificios no se construyen alineados a la vía pública y pegados unos a otros, pudiendo el viento fluir en el sentido transversal de las calles mezclando las condiciones atmosféricas de diferentes microclimas. Frecuentemente existe una porción de suelo descubierto y plantas entre las aceras y las fachadas de las edificaciones, creando un espacio público y privado con características diferentes a las de los cañones urbanos del centro. Los traspacios de las edificaciones usualmente cuentan con vegetación y suelo natural. Al no estar pegadas las construcciones se propicia el flujo del viento entre espacio delantero y trasero con lo que la temperatura del aire tiende a homogenizarse, lo cual no es posible en la zona central<sup>10</sup>.

Las menores temperaturas horarias se presentan fuera del medio urbano y en su perímetro norte, oriente y sur, que corresponden a las orientaciones por donde entran los vientos dominantes. No sucede lo mismo en los límites del lado suroeste ni en las estaciones cercanas al límite oeste, como puede apreciarse en algunos de los mapas horarios de isotermas, lo que nuevamente nos refiere al papel del viento en la distribución del calor en la ciudad.

---

<sup>9</sup> McPherson (1994), se refiere al papel del viento como agente homogenizador de las diferentes condiciones térmicas en la ciudad. El mismo autor explica el efecto de la vegetación y de la humedad del suelo en las condiciones urbanas.

<sup>10</sup> Ibidem.

### *Máximas diferencias de temperatura entre zonas*

Como parte de los objetivos, del análisis estadístico de las mediciones térmicas realizadas (sintetizadas en las tablas del Anexo 1), fueron obtenidas las diferencias térmicas horarias entre las estaciones que registran las máximas y las mínimas temperaturas de cada día representativo de mes; la máxima diferencia horaria de todo el período estudiado se presentó el día representativo de mayo y fue de 7.2 grados C, y la mínima, que se presentó en marzo, fue de 4.8 grados C. El promedio de las máximas diferencias de todos los días representativos de mes fue de 6.2 grados C.

### *Promedios mensuales de las máximas diferencias horarias de temperatura entre las zonas*

La máximas diferencias horarias mensuales varían de 3.2 grados C en marzo a 5.6 grados C en septiembre. Promediando los resultados de todos los meses, el promedio anual de las máximas diferencias entre las distintas zonas fue de 4.2 grados C.

### *Intensidad de la Isla de calor*

Esta sección se refiere a las máximas diferencias térmicas de cada momento del día entre las estaciones urbanas y la estación no urbana, diferencias que corresponden a la definición de intensidad de la isla de calor (IAUC, 2004: 15).

La intensidad de la isla de calor varía de acuerdo a la época del año (Tabla 14 Capítulo 4). Es más intensa en el período cálido húmedo que en el período seco. Su desarrollo es el siguiente: los máximos valores los alcanzaron alrededor de las 19:00 horas y son relativamente constante, con un ligero descenso paulatino, hasta aproximadamente las 8:00 horas del día siguiente; a partir de este momento, la intensidad disminuye rápidamente hasta llegar a sus valores mínimos, permaneciendo más o menos constante hasta las 15:00 horas, incrementándose para tener nuevamente su valor máximo a las 19:00 horas.

La isla de calor de mayor intensidad, 5.9 grados C, se registra en octubre y la menor, de 3.1 grados C, en mayo. El promedio de las máximas intensidades mensuales de la isla de calor fue de 4.7 grados C (intensidad anual).

El hecho de que las máximas intensidades de las islas de calor se registraron en el período húmedo está relacionado con el papel refrescante que juega el cambio de estado físico del agua del subsuelo, ya que las lluvias aumentan su disponibilidad en terrenos de las afueras y de las áreas urbanas con mayor cantidad de superficies permeables, a diferencia del centro de la ciudad en donde una de sus características es la abundancia de coberturas impermeables. “Durante el día en las áreas rurales, la energía solar absorbida cerca del suelo evapora agua de la vegetación y la tierra. Así, mientras hay una ganancia neta de energía solar, ésta es compensada en algunos grados por el enfriamiento evaporativo” (Myer, 1991) [traducción del autor de esta tesis].

## DATOS REPRESENTATIVOS DE LAS CONDICIONES TÉRMICAS URBANAS

En esta sección se hace una recapitulación de los resultados obtenidos en los Capítulos 5 en el que se abordan las preguntas de investigación: ¿deben ser consideradas en el proceso de diseño las variaciones térmicas que como resultado de las diversas características físicas de la ciudad se presentan entre sus diferentes puntos y respecto del campo que la circunda? y ¿son representativos del medio urbano los datos de temperatura de las estaciones de la red meteorológica mundial que comúnmente son utilizados en la práctica del diseño arquitectónico?; en su defecto, ¿cuáles podrían serlo?

Aunque el trabajo realizado permitió conocer las diferencias simultáneas de la temperatura de los sitios estudiados, los datos obtenidos durante un año no son representativos de la variabilidad térmica de cada zona y su promedio no lo es de la ciudad en general, puesto que para serlo se requeriría un mayor período de mediciones.

Por lo anterior y para su uso en diversas actividades que así lo requieran, en el Capítulo 5 se presenta un cálculo de temperaturas representativas de las condiciones urbanas. Se han determinado temperaturas horarias representativas

de cada zona y de toda la ciudad. En el capítulo en cuestión se incluyen estas últimas y en el Anexo 3 las de cada zona.

### *Análisis de la representatividad urbana de los datos del Observatorio Meteorológico de la CONAGUA*

Originalmente, el terreno en el que se construyó y aún funciona el Observatorio Meteorológico de la CNA (hoy CONAGUA) de la ciudad de Mérida, se encontraba fuera de la zona urbanizada, al igual que el aeropuerto contiguo. Sin embargo, la mancha urbana ha crecido y envuelto ambas instalaciones, por lo que los instrumentos de esa estación estarían midiendo condiciones mesoclimáticas y no las climáticas naturales que deberían.

Por tal motivo, para saber si los datos son representativos de las condiciones naturales o de la ciudad, para utilizarlas adecuadamente en las etapas de diseño arquitectónico o urbano, se compararon los datos horarios del Observatorio con los del entorno rural y con datos horarios promedio de todas las estaciones. Como resultados se obtuvo:

1. que las temperaturas del observatorio son diferentes a las del entorno rural, concluyendo que han dejado de cumplir con su función de medir condiciones naturales;
2. que las temperaturas del observatorio son semejantes mas no iguales a las temperaturas promedio de todas las estaciones;
3. que el método propuesto en la sección anterior, permite hacer las correcciones necesarias para obtener datos térmicos urbanos representativos.

En función de lo anterior, se proponen dos opciones para satisfacer el requerimiento de datos de temperatura durante el diseño arquitectónico, con base en los resultados de este trabajo. En primera instancia, usar las “temperaturas horarias mensuales representativas de toda la ciudad” contenidas en la Tabla 26 del Capítulo 5. En segunda instancia, usar los datos representativos de la estación más cercana al sitio en el que se va a proyectar, tomados de las tablas 26a a 26s del Anexo 3. Este segundo método es más adecuado.

---

*Respecto de la hipótesis planteada*

Respecto de la hipótesis de esta investigación “las características constitutivas de una ciudad y del medio no urbano que la rodea crean zonas con diferencias térmicas de magnitudes que deben ser consideradas en el diseño arquitectónico. Por la misma razón, las mediciones de las condiciones no alteradas por fenómenos urbanos, acordes con las normas de la red meteorológica mundial –como aquellas de las cuales derivan las ‘normales climatológicas’ que con frecuencia se usan en la arquitectura– no son representativas del medio urbano y, por tanto, no son adecuadas para utilizarse en el diseño arquitectónico”, se llegó a la conclusión que se presenta seguidamente.

Las temperaturas que se registran en el Observatorio deberían ser representativas del medio natural y por tanto no deberían ser representativas del medio urbano. Sin embargo, se demostró que las temperaturas de esta estación son diferentes de la que se encuentra fuera del medio urbano, hasta dos grados C, en promedio, por lo que no se pueden considerar representativas del medio rural (Gráfica 24 del Capítulo 5).

Por otra parte, en la ciudad existe una gran variabilidad térmica. El promedio de las máximas diferencias horarias entre las temperaturas de diferentes puntos de la ciudad varía de 3.2 grados C, en marzo, a 5.6 en septiembre (Tabla 10 del Capítulo 4). Por tal razón, las temperaturas del Observatorio de ser representativas de una zona no lo será de otras. En realidad, son semejantes a las temperaturas promedio de la ciudad de las 14:00 horas hasta las 7:00 del día siguiente, pero son diferentes, hasta en 1.9 grados C, desde las 7:00 hasta las 14:00 horas aproximadamente (Gráfica 24 del Capítulo 5).

Para el caso de Mérida, el uso de los datos del Observatorio no representa errores graves puesto que se encuentra dentro de la ciudad. Sin embargo, para otras ciudades, si los datos que se utilizan son el resultado de medir condiciones naturales, no son los adecuados puesto que las variaciones térmicas entre el medio natural y el urbano pueden ser grandes, como ha quedado claro en esta investigación.

## RELACIÓN ENTRE PORCENTAJES DE SUPERFICIES URBANAS Y TEMPERATURAS

Respecto a la segunda hipótesis, “las diferencias térmicas entre las zonas urbanas y entre estas y su entorno rural, están correlacionadas con la extensión de los materiales que cubren su superficie”, a continuación se presentan las conclusiones.

Específicamente se encontró alto grado de correlación entre extensión de las coberturas estudiadas y las temperaturas mínimas; igualmente con las temperaturas medias, pero no con las temperaturas máximas y la oscilación térmica.

En efecto, para los cuatro tipos de coberturas consideradas como variables independientes la correlación con las temperaturas mínimas mensuales y anuales resultó alta. Los coeficientes de correlación de las temperaturas mínimas anuales con los porcentajes de pavimentos más azoteas, vegetación, sólo pavimentos y sólo azoteas fueron de 0.859, -0.888, 0.780 y 0.827, respectivamente, y los valores correspondientes de p fueron 0.000, 0.000, 0.001 y 0.000. Las ecuaciones de regresión fueron, también respectivamente,  $y = 19.96 + 0.04x$ ,  $y = 24.33 - 0.05x$ ,  $y = 20.26 + 0.05x$ ,  $y = 20.08 + 0.13x$ . Éstas permiten inferir que las diferencias de temperaturas mínimas de un sitio respecto de otro depende de las diferencias porcentuales de sus tipos de superficies, de la siguiente manera: para pavimentos más azoteas, 0.04 grados C por punto porcentual de diferencia en la cantidad de superficie; para vegetación, -0.05; para sólo pavimentos, también 0.05; y para sólo azoteas 0.13.

Ejemplificando lo anterior, si el porcentaje de pavimentos más azoteas de un sitio a es 20% y el de un sitio b es 50% mayor, entonces la temperatura del primero será, de acuerdo a la recta de regresión,  $y = 19.96 + 0.04x = 20.76^{\circ}\text{C}$  y la de la segunda  $22.76^{\circ}\text{C}$ , esto es, 2 grados mayor.

En el caso de las temperaturas medias, sus diferencias presentaron mayores correlaciones con las superficies cubiertas con pavimentos más azoteas, con vegetación y con sólo azoteas. Para estos casos los coeficientes de correlación

fueron 0.717, -0.767 y 0.725, respectivamente; los correspondientes valores de  $p$  0.004, 0.000 y 0.003, y las ecuaciones de regresión fueron  $y = 25.05 + 0.03 \cdot x$ ,  $y = 28.11 + -0.03 \cdot x$  para vegetación,  $y = 25.05 + 0.09 \cdot x$  para azoteas. Con sólo pavimentos sólo se encontró alto grado de relación durante 5 de los once meses analizados y la correlación anual fue de 0.628, con valor de  $p = 0.016$ .

Igual que en el caso de las temperaturas mínimas, los datos anteriores permiten inferir que las diferencias de las temperaturas promedio de un sitio respecto de otro depende de la extensión de los tipos de materiales que cubren su superficie, de la siguiente manera: para pavimentos más azoteas, 0.03 grados C por punto porcentual de diferencia en la cantidad de superficie; para vegetación, -0.03; y para sólo azoteas 0.09.

Lo anterior indica que para contrarrestar los efectos que sobre la temperatura urbana tiene una cantidad de superficies de pavimentos más azoteas (0.03 grados C de impacto) se requeriría la misma cantidad de superficie de vegetación (-0.03 grados C de impacto); por otra parte, para contrarrestar el efecto de un porcentaje de superficie de azoteas (.09 grados C de impacto) se requeriría el triple de superficie de vegetación.

Es conveniente tener en cuenta que para un sitio urbano con igual cantidad de superficie de vegetación y de pavimento más azotea, la cantidad de superficie de sólo azoteas es un bajo porcentaje. Una posible explicación del alto impacto de las azoteas, en contraste con las de pavimentos, es que representan volúmenes conformados por envolventes verticales; en el caso del aparente poco efecto de los pavimentos, téngase en cuenta que separan los volúmenes de las edificaciones y permiten el flujo del aire.

Tomando en cuenta las relaciones de las variables independientes y los parámetros temperaturas máximas y oscilación térmica, el estudio de correlaciones no mostró evidencias de relaciones significativas, como ya se había mencionado.

Las zonas que registran las mayores temperaturas mínimas asociadas a mayores cantidades de superficies artificiales son explicables por la mayor capacidad de acumulación de calor de los materiales pétreos respecto de los

materiales naturales. Según los resultados numéricos, se produce un fenómeno de inercia térmica consistente en que el calor acumulado en pavimentos y construcciones no logra disiparse antes del amanecer, por lo que se sigue calentando el aire en contacto con éstos materiales.

Las menores temperaturas mínimas que se presentan en las zonas con mayores cantidades de vegetación, en comparación con las temperaturas mínimas de las otras estaciones, se explican, en contraste con el caso del párrafo previo, debido a la menor acumulación de calor de las plantas y por el enfriamiento debido a los fenómenos de evapotranspiración de éstas y evaporación de la humedad del suelo en el que se encuentran.

Los resultados del estudio de correlaciones, la observación de las gráficas de las temperaturas diarias de todas las estaciones (Gráficas de la 7a a la 7l del capítulo 4) y los conocimientos teóricos planteados por diversos autores como Nowak (2005), (Myer, 1991) y McPherson (1994) permiten formular lo siguiente:

Las coberturas urbanas sí tienen influencia general en las temperaturas; además, las temperaturas mínimas que se registran inmediatamente antes de la salida del sol son mayores en el medio urbano debido a que éste ha conservado el calor almacenado en los materiales artificiales.

Cuando sale el sol, las diferencias paulatinamente van dejando de depender de los materiales que cubren las superficies de las zonas, hasta anularse esta dependencia alrededor del momento en el que se presenta la mayor temperatura del medio no urbano. A partir de ese momento, el calor acumulado por los materiales de la ciudad mantendrán elevada la temperatura del aire en función directa de los porcentajes de superficies artificiales, mientras que en los sitios con menos porcentaje de éstas la temperatura irá disminuyendo, lo cual puede interpretarse como el inicio diario de la isla de calor, mismo que durará hasta poco después del amanecer del día siguiente.

---

## BIBLIOGRAFÍA

**Aguilar, E., I. Auer, M. Brunet, T.C. Peterson and J. Wieringa**, 2003 “Guidance on metadata and homogenization” WMO-TD No. 1186, (WCDMP-No. 53), pp. 51 <http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/docs/guide-to-metadata-homogeneity.pdf>

**AMS**, 2004, Fourth Symposium on the Urban Environment del 84th AMS<sup>1</sup> Annual Meeting [http://ams.confex.com/ams/annual2000/techprogram/meeting\\_annual2000.htm](http://ams.confex.com/ams/annual2000/techprogram/meeting_annual2000.htm) consultado en octubre de 2004.

**Arens, E., R. González y L. Berglund**, 1986 “Thermal comfort under an Extended Range of Environmental Conditions” Center for the Built Environment, University of California, Berkeley.

**Arnfield, J.** 2003, “Review. Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island”, en *International Journal of Climatology*, 23. [www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com). 2003.

**Ayuntamiento de Mérida**, 2003, Programa de desarrollo urbano, 2001-2004, Mérida, Yuc.

**Balderas, G., R. Mayorga y E. Jáuregui**, 1999 “El clima en la ciudad de Puebla” Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México.

---

**Brager, G y R. De Dear**, 2001, "Climate, comfort, & Natural Ventilation: A new adaptive comfort standard for ASHRAE standard 55" Center for the Built Environment, University of California, Berkeley.

**Brown, M.** 2000, Urban parameterizations for mesoscale meteorological models en: energy and Environmental Analysis (TSA-4), Ed., Boybeyi, WIT Press

**Butti, K. y J. Perlin**, 1985, *Un hilo dorado. 2500 años de arquitectura y tecnología solar*, Editorial Herman Blume, Madrid, España.

**Canto, R.**, 1997, *Arquitectura bioclimática para Yucatán. Principios generales y asoleamiento*. Tesis de Maestría de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yuc.

**Canto, R. y M. Pérez**, 2002, *Comportamiento Térmico de la ciudad de Mérida*, Universidad Autónoma de Yucatán, Yucatán, México. Canto, 1997

**Chappells, H. y E. Shove**, 2004, Comfort. A review of philosophies and paradigms, [www.lancs.ac.uk/fss/sociology/research/projects/futcom/fc\\_litfinal1.pdf](http://www.lancs.ac.uk/fss/sociology/research/projects/futcom/fc_litfinal1.pdf)

**De Dear, R., G. Brager y D. Cooper**, 1997, Developing an adaptive model of thermal comfort and preference. Final report. ASHRAE RP-884, Macquarie research Ltd., Macquarie University, Sydney, Australia y Center of Environmental Design Research, University of California, Berkeley, USA.

**De Dear, R.** 1999, *Adaptive thermal comfort in natural and hybrid ventilation* Macquarie University, Sydney, Australia

**Doherty, T. y E. Arens**, 1988, *Evaluation of the physiological bases of thermal comfort models*, Center for the Built Environment, University of California, Berkeley.

**García, E.** Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köpen (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana), UNAM, México, 1973 <http://maps.google.com/>, 2004.

**Grimmond, C.**, 1998, "Aerodynamic roughness of urban areas derived from wind observations", Department of Geography, University of British Columbia, Vancouver, BC, Canada.

**Guerra, J. y otros**, 1994, *Guía básica para el Acondicionamiento Climático de Espacios Abiertos*, Junta de Andalucía y Ciemot, Sevilla, España.

**Givoni, B.** 1976, *Man, climate and architecture*, Applied Science Publishers LTD, London, England.

**Google Earth Enterprise Solution**, 2004.

**Gulyás y otros**, 2003, Analysis of the bioclimatic conditions within different surface structures in a medium-sized city (Szeged, Hungary), *Acta Climatologica et Chorologica*, Universitatis Szegediensis, Tom. 36-37, Szeged, Hungary

**Humphreys, M y F. Nicol**, 2002, *The validity of ISO-PMV for predicting comfort votes in every-day thermal environments*, Oxford Centre for Sustainable Development, Oxford Brookes University, UK.

**INEGI, 2004**

<http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/yuc/imgs31/gestyucx.pdf>

**International Association for Urban Climate**, 2004, "The Urban Canopy Layer Heat Island" en *IAUC Newsletter*, N° 4.

**Jáuregui, E.** 1971, *Mesomicroclima de la ciudad de México*, UNAM, México, D.F.

**Jáuregui, E.** 2000, *El clima de la ciudad de México*, Plaza y Valdes Editores, México, D. F. <http://www.inegi.gob.mx/inegi/default.asp>, 2004.

**Jáuregui, E.** Bibliography on urban and building climatology. Period 1996-1998, WMO Rapporteur on Urban/Building Climatology, WMO, 2001.

[http://www.wmo.ch/web/wcp/wcasp/cc/cc/rapp\\_full\\_rpts/jauregui\\_bibliography.pdf](http://www.wmo.ch/web/wcp/wcasp/cc/cc/rapp_full_rpts/jauregui_bibliography.pdf) consultado en abril, 2004.

**Koenigsberger, O. y otros**, *Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales*, Paraninfo, Madrid, 1977.

**Matzarakis, A. y H. Mayer**, 2000 “Atmospheric conditions and Human thermal comfort in urban areas” en 11<sup>th</sup> seminar on environmental protection, environment and Health, 20-23, Thessloniki, Greece.

**Mayer, H., Matzarakis, A.** 2003, “Human-biometeorological assessmente of the urban climate: Methods, results, deficiencies”. 5<sup>th</sup> International conferences on Urban Climate (ICUC 5). 1. to 5. September 2003, Lodz Poland. 0.7.1., 1-4. <http://www.mif.uni-freiburg.de/matzarakis/>

**McPherson, E.** 1994, Preserving and Restoring Urban Biodiversity en The Ecological City. Preserving and Restoring Urban Biodiversity, edited by Rutherford H. Platt, Rowan A. Rowntree, and Pamela C. Muick. The University of Massachusetts Press, Mnhurst.

**Myer, W. B., 1991:** Urban heat island and urban health: Early American perspective, Professional Geographer, 43 No. 1, 38-48.  
[http://icecap.us/images/uploads/URBAN\\_HEAT\\_ISLAND.pdf](http://icecap.us/images/uploads/URBAN_HEAT_ISLAND.pdf)

**Nicol, F. y Humphreys, M.** 2002 “Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings” Oxford Centre for Sustainable Development, School of Architecture, Oxford Brookes University, Gipsy Lane, Oxford, UK.

**Nowak, D.** 1996, “Measuring and analyzing urban tree cover” Landscape and Urban Planning 36 (1996) 49-57, Elsevier.

**Nowak, D.** 2005, The Effects of Urban Trees on Air Quality, USDA Forest Service <http://www.fs.fed.us/ne/syracuse/TreeAirQ.htm>

**Olesen, B. y G. Brager**, 2004, A better way to predict comfort: the new ASHRAE Standard 55-2004, Center for the Built Environment, University of California, Berkeley, California, E.U.

[http://repositories.cdlib.org/cedr/cbe/ieq/OlesenBrager2004\\_comfort](http://repositories.cdlib.org/cedr/cbe/ieq/OlesenBrager2004_comfort)

**Oke T. Y H.A. Cleugh.** 1987, “Urban heat storage derived as energy balance residuals”. *Boundary-Layer Meteorology*. 39: 233–245.

**Oke, T.R.** 1999, "Observing urban weather and climate using 'standard' stations, Department of Geography", University of British Columbia, Cancouver, B.C. Canada, página web. <http://www.meteo.bg/EURASAP/35/paper1.html>

**Oke, T.** 2004, "Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites" en *WMO. Instruments and observing methods. Report N° 81*, WMO, N° 1250.

<http://www.wmo.ch/web/www/IMOP/publications/IOM-81/IOM-81-UrbanMetObs.pdf>

**Olgay, V.** 1998, *Arquitectura y clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, España.

**Oliver, J.** 1973, *Climate and man's environment. An introduction to applied climatology*, John Wiley & Sons, Inc. New York, London, Sydney, Toronto.

**Pérez, G.** et al, 2003, Análisis del clima urbano a partir de imágenes de satélite en el centro peninsular español, *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 23, ps. 187-206.

**Robaa, S. M.** 2003, Urban-suburban/rural differences over Greater Cairo, Egypt en: *Atmósfera* 157-171

**Soto, C. y E. Jauregui**, 1968 "Cartografía de elementos bioclimáticos den la República Mexicana" Instituto de Geografía de la UNAM, México.

**Streutker, D. R.**, 2002. A remote sensing study of the urban heat island of Houston, Texas. *International Journal of Remote Sensing* 23, 2595–2608.

**Tejeda, A. y E. Jáuregui**, 2004, "Cuatro décadas de climatología urbana en México en México" en Rodríguez, M., 2004, *Estudios de arquitectura bioclimática*. Anuario 2004, Vol. VI, Editorial Limusa, S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores, México, D.F.

**UNAM, Instituto de Geografía**, 1986, *Ciudades alternativas para la descentralización*, UNAM, México, D.F.

**Universidad Autónoma de Yucatán**, 1999, *Atlas de los procesos territoriales de Yucatán*, Mérida, Yuc.

**Unger, J.**, 2004, "Intra-urban relationship between surface geometry and urban heat island: review and new approach", Department of Climatology and Landscape Ecology, Vol. 27: 253–264, University of Szeged, Hungary.

**Vidal, J., M. Valdez, E. Jáuregui**, "Evolución de la Isla de Calor en Toluca, Mex." Toluca, Edo. de México, México, 1990.

---

**ANEXO 1. TABLAS MENSUALES CON LAS  
TEMPERATURAS HORARIAS REGISTRADAS EN TODOS  
LOS SITIOS DE MEDICIÓN**

ANEXO 1. TABLAS MENSUALES CON LAS TEMPERATURAS HORARIAS REGISTRADAS EN TODOS LOS SITIOS DE MEDICIÓN

TABLA 9a. Promedios horarios de temperatura en las estaciones durante enero de 2005

| TEMP ENERO |                 | HORAS |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
|------------|-----------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|--|
| ZTU        | ESTACIÓN        | 1     | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | med  |  |  |  |
| ZTU 1      | Estación centro | 21.6  | 21.2 | 20.8 | 20.5 | 20.1 | 19.8 | 19.6 | 19.4 | 19.8 | 22.0 | 24.5 | 26.2 | 27.5 | 28.4 | 28.9 | 29.3 | 28.9 | 27.7 | 26.0 | 24.5 | 23.6 | 23.0 | 22.6 | 22.1 | 23.7 |  |  |  |
| ZTU 2      | García Ginerés  | 20.8  | 20.4 | 20.0 | 19.7 | 19.4 | 19.1 | 19.0 | 19.9 | 22.2 | 25.5 | 27.7 | 29.0 | 29.8 | 30.1 | 30.1 | 28.9 | 27.2 | 25.6 | 24.1 | 23.2 | 22.7 | 22.3 | 21.8 | 21.3 | 23.7 |  |  |  |
|            | Alianza F.      | 20.5  | 20.1 | 19.7 | 19.4 | 19.0 | 18.7 | 18.7 | 21.1 | 24.0 | 26.4 | 27.9 | 29.1 | 29.8 | 30.0 | 29.8 | 28.0 | 26.5 | 24.7 | 23.6 | 22.7 | 22.2 | 21.8 | 21.3 | 20.8 | 23.6 |  |  |  |
| ZTU 3      | Díaz Ordaz      | 20.3  | 19.8 | 19.5 | 19.1 | 18.9 | 18.7 | 18.6 | 21.1 | 23.9 | 26.0 | 27.4 | 28.4 | 29.1 | 29.4 | 29.5 | 28.5 | 27.0 | 25.2 | 23.9 | 23.0 | 22.5 | 21.9 | 21.3 | 20.7 | 23.5 |  |  |  |
|            | Plaza Dorada    | 21.8  | 21.4 | 21.0 | 20.5 | 20.3 | 20.0 | 19.7 | 19.6 | 22.0 | 24.4 | 26.2 | 27.6 | 28.4 | 29.2 | 29.4 | 29.4 | 28.5 | 27.1 | 25.5 | 24.4 | 23.6 | 23.2 | 22.7 | 22.2 | 24.1 |  |  |  |
|            | Regional CNA    | 20.9  | 20.5 | 20.1 | 19.8 | 19.5 | 19.2 | 19.2 | 20.2 | 22.5 | 25.0 | 27.1 | 28.7 | 29.7 | 30.2 | 30.2 | 29.3 | 27.6 | 25.7 | 24.1 | 23.2 | 22.7 | 22.3 | 21.9 | 21.4 | 23.8 |  |  |  |
|            | Emiliano Zapata | 20.1  | 19.7 | 19.4 | 19.0 | 18.7 | 18.4 | 18.3 | 20.2 | 23.6 | 25.7 | 27.2 | 28.2 | 28.8 | 29.2 | 29.2 | 28.3 | 26.7 | 25.0 | 23.7 | 22.8 | 22.3 | 21.6 | 21.1 | 20.5 | 23.2 |  |  |  |
|            | Miguel Alemán   | 20.6  | 20.1 | 19.7 | 19.4 | 19.0 | 18.7 | 18.6 | 21.7 | 24.8 | 26.9 | 28.8 | 30.1 | 30.8 | 31.1 | 31.0 | 29.4 | 27.1 | 25.2 | 24.0 | 23.2 | 22.6 | 22.0 | 21.5 | 20.9 | 24.1 |  |  |  |
| ZTU 4      | Juan Pablo II   | 20.7  | 20.3 | 19.7 | 19.5 | 19.2 | 18.9 | 18.9 | 21.2 | 23.9 | 25.8 | 27.6 | 28.8 | 29.5 | 30.0 | 30.1 | 29.1 | 27.5 | 25.2 | 23.9 | 23.1 | 22.6 | 22.3 | 21.8 | 21.2 | 23.8 |  |  |  |
| ZTU 5      | Observatorio    | 21.0  | 20.5 | 19.7 | 19.1 | 18.7 | 18.3 | 18.2 | 20.8 | 23.8 | 26.6 | 27.6 | 29.9 | 30.3 | 30.4 | 30.3 | 29.1 | 27.5 | 25.6 | 24.1 | 23.2 | 22.7 | 22.2 | 21.5 | 21.3 | 23.9 |  |  |  |
|            | Linda Vista     | 20.7  | 20.2 | 19.9 | 19.5 | 19.2 | 18.9 | 18.9 | 21.3 | 24.2 | 26.4 | 28.1 | 29.2 | 29.7 | 29.9 | 29.8 | 28.4 | 26.7 | 24.9 | 23.7 | 23.0 | 22.4 | 21.9 | 21.4 | 21.0 | 23.7 |  |  |  |
|            | Kukulcán        | 19.6  | 19.0 | 18.6 | 18.3 | 18.0 | 17.8 | 17.7 | 20.0 | 23.6 | 26.1 | 27.7 | 28.8 | 29.4 | 30.0 | 29.8 | 28.9 | 27.3 | 25.2 | 23.8 | 22.7 | 22.2 | 21.5 | 20.7 | 20.2 | 23.2 |  |  |  |
|            | CICY            | 20.0  | 19.6 | 19.1 | 18.7 | 18.3 | 18.0 | 17.8 | 18.9 | 22.5 | 25.7 | 28.1 | 29.5 | 30.2 | 30.2 | 30.2 | 28.7 | 26.8 | 24.9 | 23.5 | 22.6 | 22.0 | 21.5 | 21.0 | 20.4 | 23.3 |  |  |  |
| ZTU 6      | PROSEY          | 19.7  | 19.3 | 18.8 | 18.4 | 17.9 | 17.4 | 17.1 | 16.8 | 18.2 | 21.8 | 24.6 | 26.2 | 27.4 | 28.3 | 28.8 | 29.0 | 28.4 | 27.1 | 25.1 | 23.4 | 22.3 | 21.5 | 20.9 | 20.3 | 22.4 |  |  |  |
|            | Imperial        | 19.3  | 18.7 | 18.3 | 18.0 | 17.6 | 17.3 | 17.3 | 19.7 | 23.2 | 25.3 | 26.7 | 27.6 | 28.4 | 28.8 | 28.9 | 28.2 | 26.7 | 24.6 | 23.2 | 22.3 | 21.7 | 20.9 | 20.3 | 19.7 | 22.6 |  |  |  |
|            | SEDENA          | 19.0  | 18.3 | 17.6 | 17.3 | 17.1 | 17.1 | 17.2 | 19.7 | 23.3 | 26.1 | 27.5 | 28.7 | 29.2 | 29.5 | 29.7 | 29.0 | 27.0 | 24.9 | 23.6 | 22.7 | 22.0 | 21.4 | 20.5 | 19.8 | 22.8 |  |  |  |
|            | FIUADY          | 19.8  | 19.4 | 19.0 | 18.6 | 18.3 | 18.0 | 17.7 | 18.1 | 20.7 | 23.4 | 25.2 | 26.4 | 27.4 | 28.0 | 28.2 | 27.5 | 26.6 | 25.2 | 23.8 | 22.8 | 22.1 | 21.4 | 20.8 | 20.4 | 22.5 |  |  |  |
| ZTU 7      | Mérida III      | 19.6  | 19.0 | 18.4 | 17.9 | 17.7 | 17.4 | 17.2 | 17.9 | 21.3 | 24.2 | 26.3 | 27.7 | 28.8 | 29.4 | 29.5 | 29.4 | 28.3 | 26.2 | 23.7 | 22.4 | 21.6 | 21.1 | 20.8 | 20.2 | 22.8 |  |  |  |
| ZTU 8      | La Ceiba        | 18.5  | 17.8 | 17.3 | 16.8 | 16.5 | 16.2 | 16.2 | 19.0 | 23.6 | 25.5 | 26.9 | 27.8 | 28.5 | 28.7 | 28.5 | 27.4 | 25.6 | 23.5 | 22.2 | 21.4 | 20.8 | 20.1 | 19.5 | 19.0 | 22.0 |  |  |  |

|                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
| Máxima              | 21.8 | 21.4 | 21.0 | 20.5 | 20.3 | 20.0 | 19.7 | 21.7 | 24.8 | 26.9 | 28.8 | 30.1 | 30.8 | 31.1 | 31.0 | 29.4 | 28.9 | 27.7 | 26.0 | 24.5 | 23.6 | 23.2 | 22.7 | 22.2 | 24.1 |  |  |
| Mínima              | 18.5 | 17.8 | 17.3 | 16.8 | 16.5 | 16.2 | 16.2 | 16.8 | 18.2 | 21.8 | 24.5 | 26.2 | 27.4 | 28.0 | 28.2 | 27.4 | 25.6 | 23.5 | 22.2 | 21.4 | 20.8 | 20.1 | 19.5 | 19.0 | 22.0 |  |  |
| Rango               | 3.3  | 3.6  | 3.7  | 3.7  | 3.8  | 3.8  | 3.5  | 4.9  | 6.6  | 5.1  | 4.3  | 3.9  | 3.4  | 3.1  | 2.8  | 2.0  | 3.3  | 4.2  | 3.8  | 3.1  | 2.8  | 3.1  | 3.2  | 3.2  | 3.7  |  |  |
| Media               | 20.2 | 19.8 | 19.3 | 18.9 | 18.6 | 18.3 | 18.2 | 19.8 | 22.7 | 25.2 | 27.0 | 28.3 | 29.1 | 29.5 | 29.6 | 28.7 | 27.3 | 25.4 | 24.0 | 23.0 | 22.3 | 21.8 | 21.2 | 20.7 | 23.3 |  |  |
| Mediana             | 20.3 | 19.8 | 19.5 | 19.1 | 18.7 | 18.4 | 18.3 | 19.9 | 23.3 | 25.7 | 27.4 | 28.7 | 29.2 | 29.5 | 29.7 | 28.9 | 27.1 | 25.2 | 23.8 | 23.0 | 22.3 | 21.8 | 21.3 | 20.7 | 23.5 |  |  |
| Desviación estándar | 0.83 | 0.91 | 0.94 | 0.96 | 0.95 | 0.94 | 0.92 | 1.25 | 1.64 | 1.41 | 1.15 | 1.12 | 0.96 | 0.79 | 0.68 | 0.60 | 0.79 | 0.96 | 0.80 | 0.67 | 0.62 | 0.70 | 0.74 | 0.77 | 0.60 |  |  |
| Cuartil 1           | 19.7 | 19.2 | 18.7 | 18.4 | 18.0 | 17.6 | 17.5 | 19.2 | 22.1 | 24.7 | 26.5 | 27.7 | 28.5 | 29.0 | 29.1 | 28.4 | 26.7 | 24.9 | 23.7 | 22.7 | 22.1 | 21.5 | 20.8 | 20.3 | 22.8 |  |  |
| Cuartil 2           | 20.3 | 19.8 | 19.5 | 19.1 | 18.7 | 18.4 | 18.3 | 19.9 | 23.3 | 25.7 | 27.4 | 28.7 | 29.2 | 29.5 | 29.7 | 28.9 | 27.1 | 25.2 | 23.8 | 23.0 | 22.3 | 21.8 | 21.3 | 20.7 | 23.5 |  |  |
| Cuartil 3           | 20.8 | 20.4 | 19.8 | 19.5 | 19.2 | 18.9 | 18.9 | 21.0 | 23.9 | 26.1 | 27.7 | 29.1 | 29.8 | 30.1 | 30.1 | 29.2 | 27.6 | 25.7 | 24.1 | 23.2 | 22.7 | 22.3 | 21.7 | 21.3 | 23.8 |  |  |

TABLA 9b. Promedios horarios de temperatura en las estaciones durante febrero de 2005

| TEMP. FEBRERO |                 | HORAS |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |  |  |  |
|---------------|-----------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|--|--|--|
| ZTU           | ESTACIÓN        | 1:00  | 2:00 | 3:00 | 4:00 | 5:00 | 6:00 | 7:00 | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 | 24:00 | med  |  |  |  |
| ZTU 1         | Estación centro | 22.9  | 22.4 | 21.9 | 21.5 | 21.1 | 20.8 | 20.4 | 20.2 | 20.9 | 23.2  | 25.5  | 27.3  | 28.6  | 29.6  | 30.4  | 30.7  | 30.2  | 28.7  | 27.0  | 25.5  | 24.5  | 24.0  | 23.6  | 23.2  | 24.8 |  |  |  |
| ZTU 2         | García Ginerés  | 22.0  | 21.5 | 21.1 | 20.7 | 20.3 | 19.9 | 20.0 | 21.7 | 24.6 | 27.8  | 29.6  | 30.9  | 31.6  | 32.1  | 31.3  | 29.7  | 27.8  | 26.0  | 24.7  | 24.0  | 23.6  | 23.2  | 22.8  | 22.4  | 25.0 |  |  |  |
|               | Alianza F.      | 21.8  | 21.2 | 20.8 | 20.4 | 20.0 | 19.7 | 19.7 | 21.9 | 24.6 | 27.1  | 28.9  | 30.0  | 31.0  | 31.6  | 31.2  | 29.2  | 27.7  | 25.8  | 24.5  | 23.8  | 23.4  | 23.0  | 22.6  | 22.2  | 24.7 |  |  |  |
| ZTU 3         | Díaz Ordaz      | 21.7  | 21.1 | 20.7 | 20.2 | 19.9 | 19.5 | 19.6 | 22.2 | 24.7 | 26.8  | 28.3  | 29.6  | 30.5  | 31.1  | 31.0  | 29.9  | 28.2  | 26.2  | 24.9  | 24.2  | 23.6  | 23.2  | 22.7  | 22.1  | 24.7 |  |  |  |
|               | Plaza Dorada    | 22.6  | 22.2 | 21.7 | 21.4 | 21.0 | 20.7 | 20.6 | 22.9 | 25.2 | 27.4  | 29.0  | 29.9  | 30.4  | 30.9  | 30.7  | 29.7  | 28.3  | 26.6  | 25.3  | 24.7  | 24.3  | 23.8  | 23.5  | 23.1  | 25.2 |  |  |  |
|               | Regional CNA    | 22.0  | 21.6 | 21.1 | 20.8 | 20.5 | 20.1 | 20.1 | 21.8 | 24.4 | 26.8  | 29.0  | 30.5  | 31.5  | 32.0  | 31.6  | 30.0  | 28.0  | 26.1  | 24.7  | 24.0  | 23.6  | 23.2  | 22.8  | 22.5  | 24.9 |  |  |  |
|               | Emiliano Zapata | 21.6  | 21.0 | 20.5 | 20.1 | 19.6 | 19.3 | 19.3 | 21.4 | 24.7 | 27.0  | 28.7  | 29.9  | 30.7  | 31.0  | 30.7  | 29.8  | 28.0  | 26.1  | 24.8  | 24.0  | 23.4  | 23.0  | 22.6  | 22.1  | 24.6 |  |  |  |
|               | Miguel Alemán   | 21.9  | 21.3 | 20.9 | 20.5 | 20.1 | 19.8 | 19.9 | 22.5 | 25.3 | 27.6  | 29.4  | 30.7  | 31.8  | 32.2  | 31.8  | 30.0  | 28.3  | 26.3  | 25.0  | 24.2  | 23.7  | 23.2  | 22.8  | 22.3  | 25.1 |  |  |  |
| ZTU 4         | Juan Pablo II   | 22.0  | 21.5 | 21.0 | 20.7 | 20.4 | 20.0 | 20.1 | 22.5 | 24.9 | 26.9  | 28.7  | 29.8  | 30.7  | 31.6  | 31.3  | 30.3  | 28.3  | 26.1  | 24.8  | 24.1  | 23.7  | 23.3  | 22.9  | 22.4  | 24.9 |  |  |  |
| ZTU 5         | Observatorio    | 22.3  | 21.6 | 21.0 | 20.6 | 20.1 | 19.5 | 19.5 | 22.2 | 24.9 | 27.6  | 29.2  | 30.2  | 31.4  | 32.0  | 31.4  | 30.4  | 28.5  | 26.5  | 24.9  | 24.2  | 23.9  | 23.2  | 22.8  | 22.5  | 25.0 |  |  |  |
|               | Linda Vista     | 22.1  | 21.4 | 21.0 | 20.7 | 20.2 | 19.9 | 20.1 | 22.8 | 25.2 | 27.6  | 29.3  | 30.5  | 31.0  | 31.6  | 31.2  | 29.6  | 27.8  | 26.1  | 24.6  | 24.0  | 23.5  | 23.2  | 22.9  | 22.4  | 24.9 |  |  |  |
|               | Kukulcán        | 21.1  | 20.5 | 19.9 | 19.5 | 19.0 | 18.7 | 18.8 | 21.7 | 25.0 | 27.2  | 28.8  | 30.1  | 30.8  | 31.5  | 31.2  | 30.2  | 28.3  | 26.0  | 24.8  | 23.9  | 23.3  | 22.8  | 22.1  | 21.7  | 24.5 |  |  |  |
|               | CICY            | 21.6  | 21.0 | 20.5 | 20.0 | 19.4 | 19.1 | 19.1 | 21.5 | 25.1 | 27.9  | 30.1  | 31.3  | 32.2  | 32.7  | 31.9  | 29.8  | 27.7  | 25.6  | 24.2  | 23.6  | 23.2  | 22.8  | 22.3  | 21.9  | 24.8 |  |  |  |
| ZTU 6         | PROSEY          | 21.5  | 20.9 | 20.2 | 19.7 | 19.0 | 18.5 | 18.1 | 17.9 | 19.5 | 23.1  | 25.5  | 27.2  | 28.6  | 29.5  | 30.3  | 29.4  | 27.6  | 25.6  | 24.2  | 23.6  | 23.2  | 22.8  | 22.3  | 21.9  | 24.8 |  |  |  |
|               | Imperial        | 20.7  | 20.2 | 19.6 | 19.0 | 18.5 | 18.3 | 18.2 | 21.1 | 24.2 | 26.1  | 27.5  | 28.8  | 29.7  | 30.3  | 30.3  | 29.4  | 27.8  | 25.8  | 24.4  | 23.5  | 23.0  | 22.3  | 21.9  | 21.3  | 23.8 |  |  |  |
|               | SEDENA          | 20.8  | 20.2 | 19.7 | 19.1 | 18.6 | 18.2 | 18.4 | 21.4 | 24.7 | 27.0  | 28.6  | 29.7  | 30.5  | 31.0  | 31.2  | 30.0  | 28.2  | 25.9  | 24.5  | 23.8  | 23.3  | 22.8  | 22.0  | 21.4  | 24.2 |  |  |  |
|               | FIUADY          | 21.5  | 21.0 | 20.4 | 19.9 | 19.3 | 18.8 | 18.6 | 19.2 | 22.1 | 24.6  | 26.6  | 28.2  | 29.2  | 30.1  | 30.1  | 29.1  | 27.8  | 26.3  | 24.6  | 23.6  | 23.1  | 22.6  | 22.3  | 21.9  | 23.8 |  |  |  |
| ZTU 7         | Mérida III      | 21.1  | 20.5 | 20.0 | 19.5 | 19.1 | 18.7 | 18.4 | 19.3 | 22.5 | 25.2  | 27.4  | 29.1  | 30.2  | 30.9  | 31.2  | 31.0  | 29.7  | 27.4  | 24.8  | 23.5  | 22.8  | 22.4  | 22.0  | 21.6  | 24.1 |  |  |  |
| ZTU 8         | La Ceiba        | 20.4  | 19.7 | 18.9 | 18.2 | 17.6 | 17.2 | 17.7 | 21.2 | 24.8 | 26.5  | 28.1  | 29.2  | 30.2  | 30.3  | 29.8  | 28.6  | 26.8  | 24.5  | 23.3  | 22.8  | 22.3  | 22.0  | 21.4  | 20.7  | 23.4 |  |  |  |

ANEXO 1. TABLAS MENSUALES CON LAS TEMPERATURAS HORARIAS REGISTRADAS EN TODOS LOS SITIOS DE MEDICIÓN

TABLA 9c. Promedios horarios de temperatura en las estaciones durante marzo de 2005

| TEMP. MARZO |                 | HORAS |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |  |
|-------------|-----------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|--|
| ZTU         | ESTACIÓN        | 1:00  | 2:00 | 3:00 | 4:00 | 5:00 | 6:00 | 7:00 | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 | 24:00 | med  |  |
| ZTU 1       | Estación centro | 23.7  | 23.2 | 22.8 | 22.4 | 22.1 | 21.8 | 21.7 | 21.7 | 22.7 | 24.8  | 26.8  | 28.5  | 29.9  | 30.9  | 31.7  | 31.8  | 30.9  | 29.7  | 28.0  | 26.3  | 25.4  | 25.0  | 24.7  | 24.3  | 25.9 |  |
| ZTU 2       | García Ginerés  | 22.6  | 22.2 | 21.9 | 21.6 | 21.4 | 21.2 | 21.8 | 23.6 | 26.6 | 28.7  | 30.6  | 31.8  | 32.8  | 33.3  | 32.4  | 30.2  | 28.5  | 26.7  | 25.1  | 24.6  | 24.4  | 24.1  | 23.8  | 23.3  | 26.0 |  |
|             | Alianza F.      | 22.5  | 22.1 | 21.8 | 21.5 | 21.3 | 21.1 | 21.6 | 23.6 | 25.9 | 28.0  | 30.0  | 31.1  | 32.0  | 32.6  | 31.9  | 30.1  | 28.4  | 26.7  | 25.1  | 24.8  | 24.4  | 24.1  | 23.7  | 23.3  | 25.7 |  |
| ZTU 3       | Díaz Ordaz      | 22.5  | 22.0 | 21.7 | 21.5 | 21.3 | 21.0 | 21.7 | 23.9 | 26.1 | 27.9  | 29.6  | 31.0  | 31.9  | 32.4  | 32.1  | 30.7  | 28.9  | 27.0  | 25.4  | 25.0  | 24.6  | 24.1  | 23.8  | 23.3  | 25.8 |  |
|             | Plaza Dorada    | 23.2  | 22.8 | 22.5 | 22.3 | 22.0 | 21.8 | 22.4 | 24.4 | 26.7 | 28.5  | 30.0  | 31.2  | 31.9  | 32.3  | 31.7  | 30.4  | 29.0  | 27.4  | 25.9  | 25.4  | 25.2  | 24.9  | 24.4  | 23.9  | 26.3 |  |
|             | Regional CNA    | 22.7  | 22.2 | 21.9 | 21.6 | 21.4 | 21.2 | 21.6 | 23.5 | 26.0 | 28.1  | 30.1  | 31.5  | 32.7  | 33.3  | 32.4  | 30.9  | 28.9  | 27.0  | 25.4  | 24.8  | 24.6  | 24.3  | 23.8  | 23.4  | 26.0 |  |
|             | Emiliano Zapata | 22.5  | 22.1 | 21.7 | 21.4 | 21.2 | 21.0 | 21.5 | 23.7 | 26.2 | 28.3  | 30.2  | 31.5  | 32.4  | 32.8  | 32.1  | 30.6  | 28.9  | 27.2  | 25.5  | 25.0  | 24.6  | 24.1  | 23.7  | 23.3  | 25.9 |  |
|             | Miguel Alemán   | 22.7  | 22.2 | 22.0 | 21.6 | 21.4 | 21.2 | 21.9 | 24.2 | 26.7 | 28.6  | 30.3  | 31.8  | 32.9  | 33.6  | 32.9  | 31.0  | 29.2  | 27.5  | 25.7  | 25.3  | 24.8  | 24.3  | 23.9  | 23.5  | 26.2 |  |
| ZTU 4       | Juan Pablo II   | 22.4  | 21.9 | 21.5 | 21.2 | 20.9 | 20.8 | 21.4 | 23.6 | 26.0 | 27.9  | 29.8  | 30.8  | 31.9  | 32.8  | 32.1  | 30.8  | 28.7  | 26.8  | 25.3  | 24.9  | 24.5  | 24.1  | 23.6  | 23.1  | 25.7 |  |
|             | Observatorio    | 22.8  | 22.1 | 21.7 | 21.2 | 20.8 | 20.5 | 21.3 | 24.0 | 26.3 | 28.6  | 30.4  | 31.3  | 32.7  | 33.1  | 32.3  | 31.0  | 29.2  | 27.5  | 25.6  | 24.9  | 24.7  | 24.2  | 23.7  | 23.4  | 26.0 |  |
| ZTU 5       | Linda Vista     | 22.6  | 22.2 | 21.9 | 21.6 | 21.3 | 21.1 | 21.8 | 24.1 | 26.7 | 28.6  | 30.5  | 31.6  | 32.5  | 32.9  | 32.3  | 30.4  | 28.7  | 26.9  | 25.3  | 24.8  | 24.5  | 24.2  | 23.7  | 23.3  | 26.0 |  |
|             | Kukulcán        | 22.1  | 21.6 | 21.2 | 20.9 | 20.8 | 20.5 | 21.3 | 23.8 | 26.2 | 28.2  | 29.8  | 31.2  | 31.8  | 32.5  | 32.0  | 30.6  | 29.2  | 27.2  | 25.6  | 25.0  | 24.4  | 24.0  | 23.5  | 22.9  | 25.7 |  |
|             | CICY            | 22.3  | 21.8 | 21.5 | 21.3 | 20.9 | 20.7 | 21.3 | 23.9 | 26.8 | 29.1  | 31.3  | 32.7  | 33.5  | 33.9  | 33.0  | 31.0  | 28.7  | 26.7  | 25.1  | 24.5  | 24.1  | 23.9  | 23.5  | 23.1  | 26.0 |  |
| ZTU 6       | PROSEY          | 22.5  | 21.9 | 21.4 | 21.0 | 20.7 | 20.3 | 20.1 | 20.1 | 22.0 | 24.7  | 26.6  | 28.2  | 29.6  | 30.6  | 31.4  | 31.3  | 30.5  | 29.0  | 27.2  | 25.4  | 24.2  | 24.0  | 23.5  | 23.1  | 25.0 |  |
|             | Imperial        | 22.0  | 21.5 | 21.0 | 20.7 | 20.5 | 20.2 | 21.0 | 23.4 | 25.7 | 27.4  | 29.0  | 30.1  | 30.9  | 31.6  | 31.4  | 30.1  | 28.8  | 27.0  | 25.2  | 24.7  | 24.1  | 23.7  | 23.4  | 22.8  | 25.3 |  |
|             | SEDENA          | 21.5  | 20.9 | 20.4 | 20.2 | 20.0 | 19.7 | 20.8 | 23.7 | 26.0 | 28.1  | 29.8  | 30.9  | 31.8  | 32.5  | 32.3  | 30.6  | 28.9  | 26.9  | 25.3  | 24.8  | 24.2  | 23.5  | 22.9  | 22.2  | 25.3 |  |
|             | FIUADY          | 22.0  | 21.5 | 21.1 | 20.8 | 20.4 | 20.2 | 20.1 | 21.2 | 23.6 | 25.7  | 27.3  | 28.8  | 29.7  | 30.5  | 30.6  | 30.0  | 28.6  | 27.1  | 25.3  | 24.2  | 23.7  | 23.3  | 23.0  | 22.7  | 24.6 |  |
| ZTU 7       | Mérida III      | 21.6  | 21.1 | 20.5 | 20.1 | 19.8 | 19.6 | 19.5 | 21.1 | 24.1 | 26.5  | 28.6  | 30.4  | 31.5  | 32.4  | 32.8  | 32.2  | 30.3  | 28.2  | 25.8  | 24.2  | 23.7  | 23.3  | 22.9  | 22.4  | 25.1 |  |
| ZTU 8       | La Ceiba        | 21.0  | 20.5 | 20.1 | 19.9 | 19.5 | 19.3 | 20.2 | 23.7 | 26.1 | 27.5  | 29.5  | 30.5  | 31.3  | 31.5  | 30.8  | 29.5  | 27.4  | 25.5  | 24.1  | 23.5  | 23.2  | 22.8  | 22.5  | 22.0  | 24.7 |  |

|                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Máxima              | 23.7 | 23.2 | 22.8 | 22.4 | 22.1 | 21.8 | 22.4 | 24.4 | 26.8 | 29.1 | 31.3 | 32.7 | 33.5 | 33.9 | 33.0 | 32.2 | 30.9 | 29.7 | 28.0 | 26.3 | 25.4 | 25.0 | 24.7 | 24.3 | 26.3 |
| Mínima              | 21.0 | 20.5 | 20.1 | 19.9 | 19.5 | 19.3 | 19.5 | 20.1 | 22.0 | 24.7 | 26.6 | 28.2 | 29.6 | 30.5 | 30.6 | 29.5 | 27.4 | 25.5 | 24.1 | 23.5 | 23.2 | 22.8 | 22.5 | 22.0 | 24.6 |
| Rango               | 2.7  | 2.7  | 2.7  | 2.5  | 2.6  | 2.5  | 2.9  | 4.3  | 4.8  | 4.4  | 4.7  | 4.5  | 3.9  | 3.4  | 2.4  | 2.7  | 3.5  | 4.2  | 3.9  | 2.8  | 2.2  | 2.2  | 2.2  | 2.3  | 3.2  |
| Media               | 22.4 | 21.9 | 21.5 | 21.2 | 20.9 | 20.7 | 21.2 | 23.2 | 25.6 | 27.6 | 29.5 | 30.8 | 31.8 | 32.4 | 32.0 | 30.7 | 29.0 | 27.3 | 25.6 | 24.8 | 24.4 | 24.0 | 23.6 | 23.1 | 25.6 |
| Mediana             | 22.5 | 22.0 | 21.7 | 21.3 | 20.9 | 20.8 | 21.4 | 23.7 | 26.1 | 28.1 | 29.8 | 31.1 | 31.9 | 32.5 | 32.1 | 30.6 | 28.9 | 27.0 | 25.4 | 24.8 | 24.4 | 24.1 | 23.7 | 23.3 | 25.8 |
| Desviación estándar | 0.59 | 0.61 | 0.66 | 0.65 | 0.66 | 0.67 | 0.73 | 1.19 | 1.38 | 1.26 | 1.26 | 1.14 | 1.07 | 0.95 | 0.62 | 0.62 | 0.77 | 0.88 | 0.80 | 0.56 | 0.50 | 0.51 | 0.50 | 0.53 | 0.48 |
| Cuartil 1           | 22.1 | 21.6 | 21.2 | 20.9 | 20.6 | 20.3 | 20.9 | 23.5 | 25.8 | 27.5 | 29.3 | 30.5 | 31.4 | 32.0 | 31.7 | 30.3 | 28.7 | 26.9 | 25.3 | 24.7 | 24.2 | 23.8 | 23.5 | 22.9 | 25.3 |
| Cuartil 2           | 22.5 | 22.0 | 21.7 | 21.3 | 20.9 | 20.8 | 21.4 | 23.7 | 26.1 | 28.1 | 29.8 | 31.1 | 31.9 | 32.5 | 32.1 | 30.6 | 28.9 | 27.0 | 25.4 | 24.8 | 24.4 | 24.1 | 23.7 | 23.3 | 25.8 |
| Cuartil 3           | 22.7 | 22.2 | 21.9 | 21.6 | 21.4 | 21.2 | 21.7 | 23.9 | 26.5 | 28.6 | 30.3 | 31.5 | 32.6 | 33.0 | 32.4 | 31.0 | 29.2 | 27.5 | 25.7 | 25.0 | 24.6 | 24.2 | 23.8 | 23.4 | 26.0 |

TABLA 9d. Promedios horarios de temperatura en las estaciones durante abril de 2005

| TEMP. ABRIL |                 | HORAS         |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
|-------------|-----------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| ZTU         | ESTACIÓN        | 1:00          | 2:00 | 3:00 | 4:00 | 5:00 | 6:00 | 7:00 | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00 | 24:00 | med  |
| ZTU 1       | Estación centro | 24.9          | 24.5 | 24.1 | 23.7 | 23.3 | 22.9 | 22.7 | 23.0 | 24.6 | 26.7  | 28.5  | 30.2  | 31.5  | 32.6  | 33.4  | 33.3  | 32.5  | 31.4  | 29.7  | 28.2  | 27.2  | 26.6  | 26.1  | 25.5  | 27.4 |
| ZTU 2       | García Ginerés  | 24.0          | 23.5 | 23.1 | 22.6 | 22.4 | 22.3 | 24.0 | 26.9 | 29.2 | 31.2  | 32.8  | 34.2  | 35.0  | 35.1  | 34.2  | 32.1  | 30.6  | 28.8  | 27.5  | 26.6  | 26.1  | 25.5  | 25.0  | 24.6  | 27.8 |
|             | Alianza F.      | 23.8          | 23.2 | 22.9 | 22.5 | 22.1 | 22.1 | 23.3 | 25.6 | 27.8 | 30.1  | 31.8  | 33    | 33.7  | 34    | 33.4  | 31.6  | 30.2  | 28.5  | 27.2  | 26.5  | 25.9  | 25.3  | 24.9  | 24.3  | 27.2 |
|             | Díaz Ordaz      | 23.6          | 23.2 | 22.8 | 22.4 | 22.1 | 22.1 | 23.4 | 25.9 | 28.0 | 29.9  | 31.5  | 32.8  | 33.8  | 34.0  | 33.5  | 32.1  | 30.7  | 28.9  | 27.5  | 26.7  | 26.1  | 25.5  | 24.8  | 24.3  | 27.3 |
|             | Plaza Dorada    | 24.7          | 24.2 | 23.7 | 23.2 | 22.9 | 22.8 | 24.5 | 26.5 | 28.6 | 30.6  | 32.1  | 33.2  | 33.9  | 34.0  | 33.6  | 32.5  | 31.1  | 29.3  | 28.1  | 27.3  | 26.8  | 26.2  | 25.7  | 25.2  | 27.9 |
|             | Regional CNA    | 24.1          | 23.5 | 23.1 | 22.7 | 22.4 | 22.2 | 23.5 | 25.7 | 28.0 | 30.3  | 32.2  | 33.8  | 34.8  | 34.8  | 33.9  | 32.6  | 30.9  | 28.9  | 27.4  | 26.6  | 26.2  | 25.6  | 25.1  | 24.7  | 27.6 |
|             | Emiliano Zapata | 23.7          | 23.3 | 22.8 | 22.4 | 22.1 | 22.0 | 23.5 | 26.1 | 28.5 | 30.6  | 32.5  | 33.8  | 34.6  | 34.7  | 33.8  | 32.4  | 30.8  | 29.1  | 27.5  | 26.7  | 26.1  | 25.5  | 24.9  | 24.4  | 27.6 |
|             |                 | Miguel Alemán | 24.0 | 23.5 | 23.0 | 22.7 | 22.4 | 22.3 | 24.0 | 26.6 | 28.7  | 30.8  | 32.4  | 33.9  | 34.9  | 35.2  | 34.5  | 32.8  | 30.9  | 29.2  | 27.7  | 27.0  | 26.4  | 25.7  | 25.2  | 24.7 |
| ZTU 4       | Juan Pablo II   | 23.8          | 23.3 | 22.8 | 22.5 | 22.1 | 22.1 | 23.3 | 26.0 | 28.0 | 29.9  | 31.5  | 33.0  | 33.9  | 34.3  | 33.9  | 32.7  | 30.8  | 28.9  | 27.4  | 26.6  | 26.2  | 25.6  | 25.0  | 24.5  | 27.4 |
|             | Observatorio    | 24.1          | 23.5 | 22.9 | 22.3 | 21.9 | 21.7 | 23.6 | 26.1 | 28.3 | 30.6  | 32.3  | 33.0  | 34.2  | 34.7  | 34.4  | 32.7  | 31.2  | 29.5  | 27.6  | 26.8  | 26.4  | 25.9  | 25.3  | 24.9  | 27.7 |
|             | Linda Vista     | 23.9          | 23.5 | 23.0 | 22.4 | 22.1 | 22.1 | 24.0 | 26.6 | 28.8 | 30.6  | 32.5  | 33.5  | 34.4  | 34.6  | 33.8  | 32.1  | 30.4  | 28.7  | 27.5  | 26.7  | 26.2  | 25.6  | 25.0  | 24.5  | 27.6 |
|             | Kukulcán        | 23.2          | 22.7 | 22.3 | 21.9 | 21.7 | 21.7 | 23.4 | 26.0 | 28.1 | 29.8  | 31.3  | 32.6  | 33.5  | 33.9  | 33.4  | 32.3  | 30.9  | 29.0  | 27.6  | 26.6  | 26.0  | 25.3  | 24.7  | 24.0  | 27.2 |
|             | CICY            | 23.4          | 22.9 | 22.5 | 22.0 | 21.6 | 21.5 | 23.5 | 26.2 | 28.7 | 31.2  | 33.5  | 34.7  | 35.8  | 35.7  | 34.5  | 32.6  | 30.4  | 28.4  | 27.1  | 26.2  | 25.8  | 25.1  | 24.5  | 23.9  | 27.6 |
| ZTU 5       | PROSEY          | 23.2          | 22.7 | 22.2 | 21.7 | 21.3 | 20.9 | 20.6 | 21.4 | 24.1 | 26.5  | 28.3  | 30.0  | 31.3  | 32.4  | 32.9  | 32.7  | 31.9  | 30.5  | 28.8  | 27.2  | 26.0  | 25.3  | 24.7  | 24.0  | 26.3 |
|             | Imperial        | 23.0          | 22.5 | 22.0 | 21.5 | 21.3 | 21.2 | 22.8 | 25.4 | 27.3 | 29.1  | 30.5  | 31.8  | 32.7  | 33.3  | 32.7  | 31.7  | 30.4  | 28.7  | 27.2  | 26.3  | 25.6  | 24.9  | 24.2  | 23.7  | 26.7 |
|             | SEDENA          | 22.7          | 22.2 | 21.6 | 21.0 | 20.8 | 21.0 | 23.0 | 25.7 | 27.8 | 29.7  | 31.2  | 32.5  | 33.4  | 34.0  | 33.5  | 32.3  | 30.8  | 28.7  | 27.2  | 26.5  | 25.8  | 25.1  | 24.5  | 23.6  | 26.9 |
|             | FIUADY          | 23.2          | 22.6 | 22.2 | 21.8 | 21.3 | 20.9 | 20.6 | 20.9 | 23.1 | 25.0  | 26.8  | 28.4  | 29.8  | 30.7  | 31.3  | 31.4  | 30.7  | 29.5  | 28.0  | 26.7  | 25.7  | 25.1  | 24.6  | 24.2  | 25.6 |
|             |                 |               |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |
| ZTU 7       | Mérida III      | 23.0          | 22.4 | 21.9 | 21.4 | 21.0 | 20.7 | 20.9 | 23.1 | 25.7 | 28.0  | 30.1  | 31.7  | 33.2  | 34.0  | 34.4  | 34.0  | 32.4  | 30.7  | 28.3  | 26.4  | 25.6  | 25.1  | 24.4  | 23.8  | 25.8 |
| ZTU 8       | La Ceiba        | 21.8          | 21.4 | 20.7 | 20.3 | 19.9 | 19.9 | 22.4 | 25.9 | 28.0 | 29.7  | 30.9  | 32.2  | 33.0  | 32.9  | 32.4  | 31.1  | 29.2  | 27.4  | 26.1  | 25.2  | 24.7  | 23.9  | 23.0  | 22.5  | 26.0 |









**ANEXO 2. TABLAS DE CADA SITIO CON LAS  
TEMPERATURAS HORARIAS REGISTRADAS CADA MES**

TABLA 24a. Datos horarios de temperatura de la estación Centro durante el período monitoreado

| ZTU 1           |      | HORAS |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
|-----------------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
| Estación centro | 1    | 2     | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | med  | Min  | Max  |  |  |
| julio           | 27.9 | 27.5  | 27.1 | 26.7 | 26.5 | 26.1 | 26.0 | 26.6 | 28.8 | 31.8 | 33.0 | 34.3 | 35.2 | 35.5 | 36.4 | 36.8 | 34.2 | 33.2 | 32.0 | 31.2 | 30.3 | 29.7 | 28.8 | 28.3 | 30.6 | 26.0 | 36.8 |  |  |
| agosto          | 28.4 | 27.9  | 27.7 | 27.3 | 27.0 | 26.8 | 26.6 | 27.2 | 29.4 | 32.4 | 34.2 | 35.6 | 36.0 | 36.5 | 37.3 | 36.5 | 36.2 | 34.2 | 32.8 | 30.9 | 30.1 | 29.5 | 29.1 | 28.8 | 31.2 | 26.6 | 37.3 |  |  |
| septiembre      | 28.5 | 28.3  | 27.7 | 27.4 | 27.0 | 26.7 | 26.6 | 27.2 | 28.8 | 31.4 | 33.2 | 34.3 | 35.3 | 35.8 | 35.9 | 34.7 | 34.5 | 33.6 | 32.8 | 31.7 | 30.8 | 30.2 | 29.6 | 29.3 | 30.9 | 26.6 | 35.9 |  |  |
| octubre         | 27.2 | 26.7  | 26.3 | 26.0 | 25.8 | 25.4 | 25.3 | 25.4 | 27.0 | 29.1 | 31.3 | 32.8 | 33.5 | 33.7 | 34.6 | 34.0 | 33.8 | 33.3 | 32.0 | 30.7 | 29.6 | 28.8 | 28.2 | 27.7 | 29.5 | 25.3 | 34.6 |  |  |
| noviembre       | 24.7 | 24.1  | 23.9 | 23.6 | 23.4 | 23.1 | 22.8 | 22.7 | 23.5 | 25.6 | 27.8 | 29.5 | 30.5 | 31.2 | 31.5 | 31.8 | 32.1 | 30.7 | 29.3 | 27.6 | 26.7 | 26.2 | 25.8 | 25.1 | 26.8 | 22.7 | 32.1 |  |  |
| diciembre       | 23.0 | 22.6  | 22.3 | 21.9 | 21.6 | 21.2 | 21.1 | 20.9 | 21.8 | 23.7 | 25.5 | 26.8 | 27.8 | 28.3 | 28.7 | 28.8 | 28.3 | 27.1 | 25.9 | 24.8 | 24.1 | 23.8 | 23.5 | 23.1 | 24.4 | 20.9 | 28.8 |  |  |
| enero           | 21.6 | 21.2  | 20.8 | 20.5 | 20.1 | 19.8 | 19.6 | 19.4 | 19.8 | 22.0 | 24.5 | 26.2 | 27.5 | 28.4 | 28.9 | 29.3 | 28.9 | 27.7 | 26.0 | 24.5 | 23.6 | 23.0 | 22.6 | 22.1 | 23.7 | 19.4 | 29.3 |  |  |
| febrero         | 22.9 | 22.4  | 21.9 | 21.5 | 21.1 | 20.8 | 20.4 | 20.2 | 20.9 | 23.2 | 25.5 | 27.3 | 28.6 | 29.6 | 30.4 | 30.7 | 30.2 | 28.7 | 27.0 | 25.5 | 24.5 | 24.0 | 23.6 | 23.2 | 24.8 | 20.2 | 30.7 |  |  |
| marzo           | 23.7 | 23.2  | 22.8 | 22.4 | 22.1 | 21.8 | 21.7 | 21.7 | 22.7 | 24.8 | 26.8 | 28.5 | 29.9 | 30.9 | 31.7 | 31.8 | 30.9 | 29.7 | 28.0 | 26.3 | 25.4 | 25.0 | 24.7 | 24.3 | 25.9 | 21.7 | 31.8 |  |  |
| abril           | 24.9 | 24.5  | 24.1 | 23.7 | 23.3 | 22.9 | 22.7 | 23.0 | 24.6 | 26.7 | 28.5 | 30.2 | 31.5 | 32.6 | 33.4 | 33.3 | 32.5 | 31.4 | 29.7 | 28.2 | 27.2 | 26.6 | 26.1 | 25.5 | 27.4 | 22.7 | 33.4 |  |  |
| mayo            | 26.3 | 25.8  | 25.4 | 25.0 | 24.7 | 24.4 | 24.2 | 24.7 | 26.5 | 28.5 | 30.3 | 31.9 | 33.4 | 34.2 | 34.6 | 33.8 | 32.1 | 30.5 | 29.1 | 28.0 | 27.3 | 27.0 | 26.8 | 26.4 | 28.4 | 24.2 | 34.6 |  |  |
| junio           | 26.0 | 25.7  | 25.5 | 25.3 | 25.2 | 25.1 | 25.1 | 25.6 | 27.0 | 28.6 | 30.2 | 31.4 | 32.5 | 33.2 | 32.7 | 32.1 | 31.1 | 29.9 | 29.3 | 28.5 | 27.7 | 27.1 | 26.7 | 26.4 | 28.2 | 25.3 | 33.2 |  |  |
| Máxima          | 28.5 | 28.3  | 27.7 | 27.4 | 27.0 | 26.8 | 26.6 | 27.2 | 29.4 | 32.4 | 34.2 | 35.6 | 36.0 | 36.5 | 37.3 | 36.8 | 36.2 | 34.2 | 32.8 | 31.7 | 30.8 | 30.2 | 29.6 | 29.3 | 31.2 | 24.2 | 34.6 |  |  |
| Mínima          | 21.6 | 21.2  | 20.8 | 20.5 | 20.1 | 19.8 | 19.6 | 19.4 | 19.8 | 22.0 | 24.5 | 26.2 | 27.5 | 28.3 | 28.7 | 28.8 | 28.3 | 27.1 | 25.9 | 24.5 | 23.6 | 23.0 | 22.6 | 22.1 | 23.7 | 19.4 | 28.8 |  |  |
| Rango           | 6.9  | 7.1   | 6.9  | 6.9  | 6.9  | 7.0  | 7.0  | 7.8  | 9.6  | 10.4 | 9.7  | 9.4  | 8.5  | 8.2  | 8.6  | 7.9  | 7.8  | 7.2  | 6.9  | 7.2  | 7.2  | 7.2  | 7.0  | 7.2  | 7.5  | 4.8  | 5.8  |  |  |
| Media           | 25.4 | 25.0  | 24.6 | 24.3 | 24.0 | 23.7 | 23.5 | 23.7 | 25.1 | 27.3 | 29.5 | 30.7 | 31.8 | 32.5 | 33.0 | 32.8 | 32.1 | 30.8 | 29.5 | 28.2 | 27.3 | 26.7 | 26.3 | 25.9 | 27.6 | 21.5 | 31.4 |  |  |
| Mediana         | 25.4 | 25.1  | 24.7 | 24.4 | 24.0 | 23.7 | 23.5 | 23.9 | 25.5 | 27.6 | 29.3 | 30.8 | 32.0 | 32.9 | 33.1 | 32.7 | 32.1 | 30.6 | 29.3 | 28.1 | 27.2 | 26.8 | 26.4 | 25.9 | 27.8 | 21.3 | 31.3 |  |  |
| Desv. estándar  | 2.23 | 2.25  | 2.26 | 2.26 | 2.29 | 2.32 | 2.36 | 2.64 | 3.18 | 3.37 | 3.17 | 3.02 | 2.86 | 2.71 | 2.74 | 2.43 | 2.25 | 2.27 | 2.38 | 2.44 | 2.42 | 2.35 | 2.25 | 2.28 | 2.49 | 1.59 | 2.08 |  |  |

TABLA 24b. Datos horarios de temperatura de la estación García Ginerés durante el período monitoreado

| ZTU 2          | HORAS |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|----------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| García Ginerés | 1     | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | med  | Min  | Max  |  |
| julio          | 25.3  | 25.3 | 25.0 | 24.7 | 24.5 | 24.1 | 23.9 | 24.0 | 26.4 | 29.0 | 30.5 | 31.7 | 33.2 | 34.1 | 34.4 | 34.6 | 32.8 | 29.9 | 29.1 | 27.8 | 27.1 | 26.8 | 26.2 | 25.9 | 28.2 | 23.9 | 34.6 |  |
| agosto         | 25.8  | 25.7 | 25.4 | 25.2 | 24.9 | 24.7 | 24.4 | 24.4 | 26.5 | 29.2 | 31.0 | 32.2 | 33.6 | 34.2 | 35.2 | 34.4 | 33.3 | 31.2 | 29.8 | 28.3 | 27.2 | 26.5 | 26.2 | 26.1 | 28.5 | 24.4 | 35.2 |  |
| septiembre     | 25.4  | 25.4 | 25.1 | 24.8 | 24.5 | 24.3 | 24.1 | 24.0 | 25.6 | 28.1 | 30.4 | 31.6 | 32.6 | 33.6 | 33.8 | 31.7 | 30.9 | 29.4 | 28.4 | 27.7 | 27.0 | 26.6 | 26.4 | 26.0 | 27.8 | 24.0 | 33.8 |  |
| octubre        | 24.8  | 24.8 | 24.5 | 24.2 | 23.9 | 23.7 | 23.5 | 23.4 | 24.4 | 26.3 | 29.5 | 31.0 | 31.1 | 32.0 | 32.2 | 31.9 | 30.6 | 29.6 | 28.6 | 27.5 | 26.6 | 26.2 | 25.8 | 25.5 | 27.1 | 23.4 | 32.2 |  |
| noviembre      | 23.3  | 23.3 | 23.0 | 22.7 | 22.3 | 22.0 | 21.7 | 21.6 | 22.0 | 23.7 | 27.2 | 29.1 | 30.3 | 30.8 | 31.1 | 31.4 | 30.9 | 29.5 | 28.1 | 26.5 | 25.6 | 25.2 | 24.8 | 24.3 | 25.8 | 21.6 | 31.4 |  |
| diciembre      | 21.9  | 21.8 | 21.3 | 20.9 | 20.6 | 20.3 | 20.2 | 20.0 | 20.2 | 21.9 | 24.7 | 27.1 | 28.3 | 29.2 | 29.5 | 29.3 | 28.3 | 26.7 | 25.3 | 24.1 | 23.4 | 22.9 | 22.6 | 22.3 | 23.9 | 20.0 | 29.5 |  |
| enero          | 20.8  | 20.4 | 20.0 | 19.7 | 19.4 | 19.1 | 19.0 | 19.9 | 22.2 | 25.5 | 27.7 | 29.0 | 29.8 | 30.1 | 30.1 | 28.9 | 27.2 | 25.6 | 24.1 | 23.2 | 22.7 | 22.3 | 21.8 | 21.3 | 23.7 | 19.0 | 30.1 |  |
| febrero        | 22.0  | 21.5 | 21.1 | 20.7 | 20.3 | 19.9 | 20.0 | 21.7 | 24.6 | 27.8 | 29.6 | 30.9 | 31.6 | 32.1 | 31.3 | 29.7 | 27.8 | 26.0 | 24.7 | 24.0 | 23.6 | 23.2 | 22.8 | 22.4 | 25.0 | 19.9 | 32.1 |  |
| marzo          | 22.6  | 22.2 | 21.9 | 21.6 | 21.4 | 21.2 | 21.8 | 23.6 | 26.6 | 28.7 | 30.6 | 31.8 | 32.8 | 33.3 | 32.4 | 30.2 | 28.5 | 26.7 | 25.1 | 24.6 | 24.4 | 24.1 | 23.8 | 23.3 | 26.0 | 21.2 | 33.3 |  |
| abril          | 24.0  | 23.5 | 23.1 | 22.6 | 22.4 | 22.3 | 24.0 | 26.9 | 29.2 | 31.2 | 32.8 | 34.2 | 35.0 | 35.1 | 34.2 | 32.1 | 30.6 | 28.8 | 27.5 | 26.6 | 26.1 | 25.5 | 25.0 | 24.6 | 27.8 | 22.3 | 35.1 |  |
| mayo           | 25.4  | 25.0 | 24.7 | 24.4 | 24.1 | 24.2 | 26.2 | 28.3 | 30.9 | 32.7 | 34.5 | 35.6 | 36.6 | 35.9 | 33.9 | 31.6 | 29.8 | 28.5 | 27.4 | 26.9 | 26.6 | 26.3 | 26.0 | 25.6 | 28.8 | 24.1 | 36.6 |  |
| junio          | 25.2  | 25.0 | 24.8 | 24.7 | 24.6 | 25.0 | 27.3 | 28.8 | 30.3 | 31.5 | 32.7 | 33.8 | 33.9 | 32.9 | 32.1 | 30.2 | 29.3 | 28.5 | 27.7 | 27.0 | 26.5 | 26.2 | 25.8 | 25.6 | 28.3 | 24.6 | 33.9 |  |
| Máxima         | 25.8  | 25.7 | 25.4 | 25.2 | 24.9 | 25.0 | 27.3 | 28.8 | 30.9 | 32.7 | 34.5 | 35.6 | 36.6 | 35.9 | 35.2 | 34.6 | 33.3 | 31.2 | 29.8 | 28.3 | 27.2 | 26.8 | 26.4 | 26.1 | 28.8 | 24.1 | 36.6 |  |
| Mínima         | 20.8  | 20.4 | 20.0 | 19.7 | 19.4 | 19.1 | 19.0 | 19.9 | 20.2 | 21.9 | 24.7 | 27.1 | 28.3 | 29.2 | 29.5 | 28.9 | 27.2 | 25.6 | 24.1 | 23.2 | 22.7 | 22.3 | 21.8 | 21.3 | 23.7 | 19.0 | 29.5 |  |
| Rango          | 5.0   | 5.3  | 5.4  | 5.5  | 5.5  | 5.9  | 8.3  | 8.9  | 10.7 | 10.8 | 9.8  | 8.5  | 8.3  | 6.8  | 5.7  | 5.7  | 6.1  | 5.6  | 5.7  | 5.1  | 4.5  | 4.5  | 4.6  | 4.8  | 5.1  | 5.1  | 7.1  |  |
| Media          | 23.9  | 23.7 | 23.3 | 23.0 | 22.8 | 22.6 | 23.0 | 23.9 | 25.7 | 28.0 | 30.1 | 31.5 | 32.4 | 32.8 | 32.5 | 31.3 | 30.0 | 28.4 | 27.1 | 26.2 | 25.6 | 25.1 | 24.8 | 24.4 | 26.7 | 21.1 | 32.8 |  |
| Mediana        | 24.4  | 24.1 | 23.8 | 23.4 | 23.1 | 23.0 | 23.7 | 23.8 | 26.0 | 28.4 | 30.5 | 31.6 | 32.7 | 33.1 | 32.3 | 31.5 | 30.2 | 28.7 | 27.6 | 26.7 | 26.3 | 25.9 | 25.4 | 25.0 | 27.5 | 20.6 | 32.7 |  |
| Desv. estándar | 1.63  | 1.73 | 1.78 | 1.82 | 1.85 | 1.96 | 2.41 | 2.82 | 3.18 | 3.06 | 2.56 | 2.28 | 2.21 | 1.94 | 1.73 | 1.75 | 1.81 | 1.66 | 1.80 | 1.66 | 1.54 | 1.53 | 1.55 | 1.60 | 1.74 | 1.72 | 2.54 |  |

TABLA 24c. Datos horarios de temperatura de la estación Alianza Francesa durante el período monitoreado

|                | HORAS |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|----------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| Alianza F.     | 1     | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | med  | Min  | Max  |  |
| julio          |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| agosto         |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| septiembre     |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| octubre        |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| noviembre      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| diciembre      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| enero          | 20.5  | 20.1 | 19.7 | 19.4 | 19.0 | 18.7 | 18.7 | 21.1 | 24.0 | 26.4 | 27.9 | 29.1 | 29.8 | 30.0 | 29.8 | 28.0 | 26.5 | 24.7 | 23.6 | 22.7 | 22.2 | 21.8 | 21.3 | 20.8 | 23.6 | 18.7 | 30.0 |  |
| febrero        | 21.8  | 21.2 | 20.8 | 20.4 | 20.0 | 19.7 | 19.7 | 21.9 | 24.6 | 27.1 | 28.9 | 30.0 | 31.0 | 31.6 | 31.2 | 29.2 | 27.7 | 25.8 | 24.5 | 23.8 | 23.4 | 23.0 | 22.6 | 22.2 | 24.7 | 19.7 | 31.6 |  |
| marzo          | 22.5  | 22.1 | 21.8 | 21.5 | 21.3 | 21.1 | 21.6 | 23.6 | 25.9 | 28.0 | 30.0 | 31.1 | 32.0 | 32.6 | 31.9 | 30.1 | 28.4 | 26.7 | 25.1 | 24.8 | 24.4 | 24.1 | 23.7 | 23.3 | 25.7 | 21.1 | 32.6 |  |
| abril          | 23.8  | 23.2 | 22.9 | 22.5 | 22.1 | 22.1 | 23.3 | 25.6 | 27.8 | 30.1 | 31.8 | 33   | 33.7 | 34   | 33.4 | 31.6 | 30.2 | 28.5 | 27.2 | 26.5 | 25.9 | 25.3 | 24.9 | 24.3 | 27.2 | 22.1 | 34.0 |  |
| mayo           | 25.1  | 24.7 | 24.4 | 24.2 | 23.9 | 24.0 | 25.2 | 27.4 | 29.3 | 31.5 | 33.2 | 34.2 | 35.3 | 34.8 | 33.2 | 31.1 | 29.4 | 28.3 | 27.3 | 26.8 | 26.5 | 26.2 | 25.9 | 25.4 | 28.2 | 23.9 | 35.3 |  |
| junio          | 25.2  | 25.0 | 24.8 | 24.7 | 24.6 | 24.9 | 26.0 | 27.6 | 29.1 | 30.5 | 31.7 | 32.5 | 32.8 | 32.2 | 31.3 | 29.8 | 29.1 | 28.3 | 27.7 | 27.0 | 26.5 | 26.1 | 25.8 | 25.4 | 27.9 | 24.6 | 32.8 |  |
| Máxima         | 25.1  | 24.7 | 24.4 | 24.2 | 23.9 | 24.0 | 25.2 | 27.4 | 29.3 | 31.5 | 33.2 | 34.2 | 35.3 | 34.8 | 33.4 | 31.6 | 30.2 | 28.5 | 27.3 | 26.8 | 26.5 | 26.2 | 25.9 | 25.4 | 28.2 | 23.9 | 35.3 |  |
| Mínima         | 20.5  | 20.1 | 19.7 | 19.4 | 19.0 | 18.7 | 18.7 | 21.1 | 24.0 | 26.4 | 27.9 | 29.1 | 29.8 | 30.0 | 29.8 | 28.0 | 26.5 | 24.7 | 23.6 | 22.7 | 22.2 | 21.8 | 21.3 | 20.8 | 23.6 | 18.7 | 30.0 |  |
| Rango          | 4.6   | 4.6  | 4.7  | 4.8  | 4.9  | 5.3  | 6.5  | 6.3  | 5.3  | 5.1  | 5.3  | 5.1  | 5.5  | 4.8  | 3.6  | 3.6  | 3.7  | 3.8  | 3.7  | 4.1  | 4.3  | 4.4  | 4.6  | 4.6  | 4.6  | 5.2  | 5.3  |  |
| Media          | 22.7  | 22.3 | 21.9 | 21.6 | 21.3 | 21.1 | 21.7 | 23.9 | 26.3 | 28.6 | 30.4 | 31.5 | 32.4 | 32.6 | 31.9 | 30.0 | 28.4 | 26.8 | 25.5 | 24.9 | 24.5 | 24.1 | 23.7 | 23.2 | 25.9 | 21.1 | 32.6 |  |
| Mediana        | 22.5  | 22.1 | 21.8 | 21.5 | 21.3 | 21.1 | 21.6 | 23.6 | 25.9 | 28.0 | 30.0 | 31.1 | 32.0 | 32.6 | 31.9 | 30.1 | 28.4 | 26.7 | 25.1 | 24.8 | 24.4 | 24.1 | 23.7 | 23.3 | 25.7 | 21.1 | 32.7 |  |
| Desv. estándar | 1.61  | 1.60 | 1.63 | 1.65 | 1.68 | 1.85 | 2.37 | 2.33 | 1.97 | 1.89 | 1.91 | 1.90 | 1.96 | 1.70 | 1.33 | 1.29 | 1.30 | 1.45 | 1.48 | 1.57 | 1.52 | 1.56 | 1.64 | 1.60 | 1.68 | 1.81 | 1.85 |  |

TABLA 24d. Datos horarios de temperatura de la estación Díaz Ordaz durante el período monitoreado

|                | HORAS |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|----------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| D. Ordaz       | 1     | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | med  | Min  | Max  |  |
| julio          | 24.9  | 24.7 | 24.4 | 24.2 | 23.9 | 23.7 | 23.7 | 25.2 | 27.8 | 29.3 | 30.8 | 31.9 | 32.9 | 33.2 | 33.2 | 31.6 | 30.0 | 29.0 | 27.9 | 27.2 | 26.8 | 26.2 | 25.7 | 25.2 | 27.6 | 23.7 | 33.2 |  |
| agosto         | 25.2  | 24.9 | 24.7 | 24.4 | 24.2 | 24.0 | 24.0 | 25.3 | 27.7 | 29.6 | 31.0 | 32.2 | 32.9 | 33.8 | 32.9 | 32.2 | 30.7 | 29.4 | 27.9 | 27.0 | 26.3 | 26.0 | 25.7 | 25.5 | 27.8 | 24.0 | 33.8 |  |
| septiembre     | 25.2  | 24.9 | 24.6 | 24.4 | 24.2 | 24.0 | 24.0 | 25.4 | 27.8 | 29.2 | 30.5 | 31.3 | 32.0 | 32.1 | 30.8 | 30.1 | 29.1 | 28.4 | 27.7 | 26.9 | 26.5 | 26.2 | 25.7 | 25.4 | 27.3 | 24.0 | 32.1 |  |
| octubre        | 24.2  | 23.9 | 23.6 | 23.4 | 23.4 | 23.1 | 23.1 | 24.5 | 26.5 | 28.1 | 29.4 | 30.2 | 30.5 | 30.8 | 30.8 | 30.2 | 29.7 | 28.6 | 27.4 | 26.4 | 25.8 | 25.4 | 24.9 | 24.6 | 26.6 | 23.1 | 30.8 |  |
| noviembre      | 22.2  | 21.9 | 21.5 | 21.2 | 21.1 | 20.9 | 21.3 | 23.3 | 25.7 | 27.7 | 29.2 | 29.9 | 30.2 | 30.6 | 30.6 | 30.2 | 28.6 | 26.7 | 25.5 | 24.9 | 24.3 | 23.6 | 23.1 | 22.7 | 25.3 | 20.9 | 30.6 |  |
| diciembre      | 21.2  | 20.8 | 20.5 | 20.2 | 20.0 | 19.8 | 19.6 | 20.4 | 22.7 | 24.6 | 26.4 | 27.5 | 28.2 | 28.6 | 28.6 | 28.0 | 26.9 | 25.5 | 24.2 | 23.4 | 22.8 | 22.3 | 21.9 | 21.4 | 23.6 | 19.6 | 28.6 |  |
| enero          | 20.3  | 19.8 | 19.5 | 19.1 | 18.9 | 18.7 | 18.6 | 21.1 | 23.9 | 26.0 | 27.4 | 28.4 | 29.1 | 29.4 | 29.5 | 28.5 | 27.0 | 25.2 | 23.9 | 23.0 | 22.5 | 21.9 | 21.3 | 20.7 | 23.5 | 18.6 | 29.5 |  |
| febrero        | 21.7  | 21.1 | 20.7 | 20.2 | 19.9 | 19.5 | 19.6 | 22.2 | 24.7 | 26.8 | 28.3 | 29.6 | 30.5 | 31.1 | 31.0 | 29.9 | 28.2 | 26.2 | 24.9 | 24.2 | 23.6 | 23.2 | 22.7 | 22.1 | 24.7 | 19.5 | 31.1 |  |
| marzo          | 22.5  | 22.0 | 21.7 | 21.5 | 21.3 | 21.0 | 21.7 | 23.9 | 26.1 | 27.9 | 29.6 | 31.0 | 31.9 | 32.4 | 32.1 | 30.7 | 28.9 | 27.0 | 25.4 | 25.0 | 24.6 | 24.1 | 23.8 | 23.3 | 25.8 | 21.0 | 32.4 |  |
| abril          | 23.6  | 23.2 | 22.8 | 22.4 | 22.1 | 22.1 | 23.4 | 25.9 | 28.0 | 29.9 | 31.5 | 32.8 | 33.8 | 34.0 | 33.5 | 32.1 | 30.7 | 28.9 | 27.5 | 26.7 | 26.1 | 25.5 | 24.8 | 24.3 | 27.3 | 22.1 | 34.0 |  |
| mayo           | 25.2  | 24.8 | 24.5 | 24.2 | 23.8 | 24.0 | 25.4 | 27.9 | 29.5 | 31.4 | 33.3 | 34.6 | 35.2 | 34.9 | 33.2 | 31.4 | 29.8 | 28.7 | 27.6 | 27.1 | 26.8 | 26.4 | 26.0 | 25.4 | 28.4 | 23.8 | 35.2 |  |
| junio          | 25.2  | 25.0 | 24.8 | 24.7 | 24.7 | 24.9 | 26.2 | 28.0 | 29.6 | 31.0 | 32.2 | 33.2 | 33.3 | 32.3 | 31.3 | 30.1 | 29.5 | 28.7 | 27.9 | 27.2 | 26.6 | 26.2 | 25.8 | 25.5 | 28.1 | 24.7 | 33.3 |  |
| Máxima         | 25.2  | 25.0 | 24.8 | 24.7 | 24.7 | 24.9 | 26.2 | 28.0 | 29.6 | 31.4 | 33.3 | 34.6 | 35.2 | 34.9 | 33.5 | 32.2 | 30.7 | 29.4 | 27.9 | 27.2 | 26.8 | 26.4 | 26.0 | 25.5 | 28.4 | 23.8 | 35.2 |  |
| Mínima         | 20.3  | 19.8 | 19.5 | 19.1 | 18.9 | 18.7 | 18.6 | 20.4 | 22.7 | 24.6 | 26.4 | 27.5 | 28.2 | 28.6 | 28.6 | 28.0 | 26.9 | 25.2 | 23.9 | 23.0 | 22.5 | 21.9 | 21.3 | 20.7 | 23.5 | 18.6 | 28.6 |  |
| Rango          | 4.9   | 5.2  | 5.3  | 5.6  | 5.8  | 6.2  | 7.6  | 7.6  | 7.0  | 6.8  | 6.9  | 7.2  | 7.0  | 6.3  | 4.9  | 4.2  | 3.8  | 4.2  | 4.0  | 4.2  | 4.3  | 4.5  | 4.7  | 4.8  | 4.9  | 5.2  | 6.6  |  |
| Media          | 23.4  | 23.1 | 22.8 | 22.5 | 22.3 | 22.1 | 22.6 | 24.4 | 26.7 | 28.5 | 30.0 | 31.1 | 31.7 | 31.9 | 31.5 | 30.4 | 29.1 | 27.7 | 26.5 | 25.7 | 25.2 | 24.8 | 24.3 | 23.8 | 26.3 | 20.8 | 31.8 |  |
| Mediana        | 23.9  | 23.6 | 23.2 | 22.9 | 22.7 | 22.6 | 23.3 | 24.8 | 27.1 | 28.7 | 30.0 | 31.2 | 32.0 | 32.2 | 31.2 | 30.2 | 29.3 | 28.5 | 27.4 | 26.6 | 26.0 | 25.4 | 24.9 | 24.4 | 27.0 | 20.3 | 31.8 |  |
| Desv. estándar | 1.71  | 1.80 | 1.83 | 1.89 | 1.92 | 2.01 | 2.30 | 2.29 | 2.06 | 1.92 | 1.91 | 1.98 | 1.96 | 1.82 | 1.50 | 1.25 | 1.20 | 1.42 | 1.50 | 1.50 | 1.53 | 1.59 | 1.60 | 1.67 | 1.66 | 1.77 | 2.34 |  |

TABLA 24e. Datos horarios de temperatura de la estación Plaza Dorada durante el período monitoreado

|                | HORAS |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| P. Dorada      | 1     | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | med  | Min  | Max  |
| julio          | 25.4  | 25.1 | 24.8 | 24.5 | 24.3 | 24.4 | 26.4 | 28.4 | 29.9 | 31.2 | 32.3 | 33.1 | 33.7 | 33.6 | 32.1 | 30.2 | 29.4 | 28.3 | 27.6 | 27.2 | 26.7 | 26.4 | 26.1 | 25.7 | 28.2 | 24.3 | 33.7 |
| agosto         | 26.1  | 25.7 | 25.4 | 25.2 | 24.9 | 24.8 | 24.9 | 27.2 | 29.2 | 30.8 | 32.0 | 32.8 | 33.5 | 34.0 | 33.1 | 32.3 | 31.2 | 29.8 | 28.7 | 27.7 | 27.1 | 26.8 | 26.6 | 26.3 | 28.6 | 24.8 | 34.0 |
| septiembre     | 25.9  | 25.5 | 25.1 | 24.8 | 24.6 | 24.4 | 24.2 | 26.3 | 28.6 | 30.2 | 31.2 | 31.9 | 32.6 | 32.8 | 31.3 | 31.0 | 30.1 | 29.3 | 28.6 | 28.0 | 27.4 | 27.2 | 26.7 | 26.3 | 28.1 | 24.2 | 32.8 |
| octubre        | 25.2  | 24.9 | 24.5 | 24.3 | 24.0 | 23.9 | 23.8 | 25.2 | 27.1 | 28.5 | 29.7 | 30.5 | 30.9 | 31.1 | 31.1 | 30.5 | 29.9 | 29.2 | 28.0 | 27.3 | 26.7 | 26.4 | 25.9 | 25.5 | 27.2 | 23.8 | 31.1 |
| noviembre      | 23.5  | 23.1 | 22.8 | 22.6 | 22.4 | 22.0 | 21.9 | 22.2 | 24.4 | 26.5 | 28.1 | 29.3 | 29.9 | 30.2 | 30.6 | 30.4 | 29.5 | 28.4 | 26.7 | 25.7 | 25.3 | 25.1 | 24.5 | 24.0 | 25.8 | 21.9 | 30.6 |
| diciembre      | 22.0  | 21.6 | 21.2 | 20.8 | 20.6 | 20.4 | 20.3 | 20.3 | 22.7 | 24.8 | 26.3 | 27.1 | 27.9 | 28.4 | 28.4 | 27.7 | 26.8 | 25.7 | 24.6 | 23.9 | 23.4 | 23.0 | 22.7 | 22.2 | 23.9 | 20.3 | 28.4 |
| enero          | 21.8  | 21.4 | 21.0 | 20.5 | 20.3 | 20.0 | 19.7 | 19.6 | 22.0 | 24.4 | 26.2 | 27.6 | 28.4 | 29.2 | 29.4 | 29.4 | 28.5 | 27.1 | 25.5 | 24.4 | 23.6 | 23.2 | 22.7 | 22.2 | 24.1 | 19.6 | 29.4 |
| febrero        | 22.6  | 22.2 | 21.7 | 21.4 | 21.0 | 20.7 | 20.6 | 22.9 | 25.2 | 27.4 | 29.0 | 29.9 | 30.4 | 30.9 | 30.7 | 29.7 | 28.3 | 26.6 | 25.3 | 24.7 | 24.3 | 23.8 | 23.5 | 23.1 | 25.2 | 20.6 | 30.9 |
| marzo          | 23.2  | 22.8 | 22.5 | 22.3 | 22.0 | 21.8 | 22.4 | 24.4 | 26.7 | 28.5 | 30.0 | 31.2 | 31.9 | 32.3 | 31.7 | 30.4 | 29.0 | 27.4 | 25.9 | 25.4 | 25.2 | 24.9 | 24.4 | 23.9 | 26.3 | 21.8 | 32.3 |
| abril          | 24.7  | 24.2 | 23.7 | 23.2 | 22.9 | 22.8 | 24.2 | 26.5 | 28.6 | 30.6 | 32.1 | 33.2 | 33.9 | 34.0 | 33.6 | 32.5 | 31.1 | 29.3 | 28.1 | 27.3 | 26.8 | 26.2 | 25.7 | 25.2 | 27.9 | 22.8 | 34.0 |
| mayo           | 26.1  | 25.7 | 25.3 | 25.0 | 24.8 | 24.8 | 26.2 | 28.1 | 30.1 | 32.0 | 33.8 | 34.7 | 35.4 | 35.2 | 33.6 | 32.1 | 30.3 | 29.1 | 28.1 | 27.6 | 27.3 | 26.9 | 26.7 | 26.3 | 29.0 | 24.8 | 35.4 |
| junio          | 26.1  | 25.9 | 25.7 | 25.5 | 25.4 | 25.7 | 27.3 | 29.0 | 30.5 | 31.9 | 33.1 | 33.8 | 33.9 | 32.8 | 32.2 | 30.9 | 30.0 | 29.4 | 28.7 | 28.0 | 27.5 | 27.1 | 26.8 | 26.5 | 28.9 | 25.4 | 33.9 |
| Máxima         | 26.1  | 25.9 | 25.7 | 25.5 | 25.4 | 25.7 | 27.3 | 29.0 | 30.5 | 32.0 | 33.8 | 34.7 | 35.4 | 35.2 | 33.6 | 32.5 | 31.2 | 29.8 | 28.7 | 28.0 | 27.5 | 27.2 | 26.8 | 26.5 | 29.0 | 24.8 | 35.4 |
| Mínima         | 21.8  | 21.4 | 21.0 | 20.5 | 20.3 | 20.0 | 19.7 | 19.6 | 22.0 | 24.4 | 26.2 | 27.1 | 27.9 | 28.4 | 28.4 | 27.7 | 26.8 | 25.7 | 24.6 | 23.9 | 23.4 | 23.0 | 22.7 | 22.2 | 23.9 | 19.6 | 28.4 |
| Rango          | 4.3   | 4.5  | 4.7  | 5.0  | 5.1  | 5.7  | 7.6  | 9.4  | 8.5  | 7.6  | 7.6  | 7.6  | 7.5  | 6.9  | 5.2  | 4.8  | 4.4  | 4.1  | 4.1  | 4.2  | 4.1  | 4.2  | 4.1  | 4.3  | 5.1  | 5.2  | 7.0  |
| Media          | 24.4  | 24.0 | 23.6 | 23.3 | 23.1 | 23.0 | 23.5 | 25.0 | 27.1 | 28.9 | 30.3 | 31.3 | 31.9 | 32.0 | 31.5 | 30.6 | 29.5 | 28.3 | 27.1 | 26.4 | 25.9 | 25.6 | 25.2 | 24.8 | 26.9 | 21.7 | 31.7 |
| Mediana        | 24.9  | 24.5 | 24.1 | 23.7 | 23.5 | 23.4 | 24.0 | 25.7 | 27.8 | 29.4 | 30.6 | 31.6 | 32.2 | 32.5 | 31.5 | 30.5 | 29.7 | 28.8 | 27.8 | 27.2 | 26.7 | 26.3 | 25.8 | 25.4 | 27.6 | 21.2 | 31.6 |
| Desv. estándar | 1.59  | 1.61 | 1.65 | 1.71 | 1.75 | 1.86 | 2.41 | 3.02 | 2.80 | 2.54 | 2.43 | 2.34 | 2.28 | 2.01 | 1.53 | 1.28 | 1.18 | 1.25 | 1.42 | 1.44 | 1.46 | 1.47 | 1.50 | 1.55 | 1.75 | 1.75 | 2.47 |

TABLA 24f. Datos horarios de temperatura de la estación Regional de la CONAGUA durante el período monitoreado

|                | HORAS |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|----------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| Regional CNA   | 1     | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | med  | Min  | Max  |  |
| julio          | 25.5  | 25.2 | 24.9 | 24.6 | 24.2 | 24.1 | 24.3 | 26.0 | 28.5 | 30.5 | 32.3 | 34.1 | 35.5 | 35.8 | 35.1 | 33.0 | 30.4 | 29.3 | 28.1 | 27.4 | 27.0 | 26.5 | 26.2 | 25.8 | 28.5 | 24.1 | 35.8 |  |
| agosto         | 26.0  | 25.6 | 25.3 | 25.1 | 24.9 | 24.6 | 24.6 | 26.0 | 28.4 | 30.8 | 32.8 | 34.5 | 35.7 | 36.4 | 35.3 | 33.9 | 32.0 | 30.4 | 28.8 | 27.5 | 27.0 | 26.7 | 26.4 | 26.1 | 28.9 | 24.6 | 36.4 |  |
| septiembre     | 25.7  | 25.4 | 25.0 | 24.8 | 24.5 | 24.2 | 24.1 | 25.4 | 28.0 | 30.5 | 32.4 | 34.0 | 34.9 | 35.0 | 33.1 | 32.0 | 30.7 | 29.4 | 28.4 | 27.6 | 27.2 | 26.9 | 26.5 | 26.2 | 28.4 | 24.1 | 35.0 |  |
| octubre        | 24.9  | 24.6 | 24.3 | 24.0 | 23.9 | 23.6 | 23.5 | 24.6 | 26.6 | 28.6 | 30.4 | 31.5 | 32.1 | 32.6 | 32.4 | 31.5 | 30.4 | 29.1 | 27.8 | 27.0 | 26.4 | 26.1 | 25.7 | 25.3 | 27.4 | 23.5 | 32.6 |  |
| noviembre      | 23.2  | 22.8 | 22.5 | 22.3 | 22.0 | 21.7 | 21.6 | 21.9 | 23.7 | 26.2 | 28.4 | 30.3 | 31.0 | 31.4 | 31.8 | 31.5 | 30.2 | 28.4 | 26.4 | 25.4 | 25.1 | 24.7 | 24.2 | 23.7 | 25.8 | 21.6 | 31.8 |  |
| diciembre      | 21.7  | 21.3 | 20.9 | 20.6 | 20.3 | 20.0 | 19.9 | 20.1 | 21.8 | 24.4 | 26.4 | 28.0 | 28.9 | 29.4 | 29.4 | 28.3 | 27.0 | 25.5 | 24.2 | 23.4 | 22.9 | 22.6 | 22.3 | 21.9 | 23.8 | 19.9 | 29.4 |  |
| enero          | 20.9  | 20.5 | 20.1 | 19.8 | 19.5 | 19.2 | 19.2 | 20.2 | 22.5 | 25.0 | 27.1 | 28.7 | 29.7 | 30.2 | 30.2 | 29.3 | 27.6 | 25.7 | 24.1 | 23.2 | 22.7 | 22.3 | 21.9 | 21.4 | 23.8 | 19.2 | 30.2 |  |
| febrero        | 22.0  | 21.6 | 21.1 | 20.8 | 20.5 | 20.1 | 20.1 | 21.8 | 24.4 | 26.8 | 29.0 | 30.5 | 31.5 | 32.0 | 31.6 | 30.0 | 28.0 | 26.1 | 24.7 | 24.0 | 23.6 | 23.2 | 22.8 | 22.5 | 24.9 | 20.1 | 32.0 |  |
| marzo          | 22.7  | 22.2 | 21.9 | 21.6 | 21.4 | 21.2 | 21.6 | 23.5 | 26.0 | 28.1 | 30.1 | 31.5 | 32.7 | 33.3 | 32.4 | 30.9 | 28.9 | 27.0 | 25.4 | 24.8 | 24.6 | 24.3 | 23.8 | 23.4 | 26.0 | 21.2 | 33.3 |  |
| abril          | 24.1  | 23.5 | 23.1 | 22.7 | 22.4 | 22.2 | 23.5 | 25.7 | 28.0 | 30.3 | 32.2 | 33.8 | 34.8 | 34.8 | 33.9 | 32.6 | 30.9 | 28.9 | 27.4 | 26.8 | 26.2 | 25.6 | 25.1 | 24.7 | 27.6 | 22.2 | 34.8 |  |
| mayo           | 25.5  | 25.1 | 24.8 | 24.5 | 24.2 | 24.4 | 25.7 | 27.5 | 29.9 | 32.3 | 34.5 | 36.1 | 36.9 | 35.7 | 33.7 | 31.8 | 29.9 | 28.5 | 27.4 | 26.9 | 26.6 | 26.4 | 26.2 | 25.8 | 28.8 | 24.2 | 36.9 |  |
| junio          |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| Máxima         | 26.0  | 25.6 | 25.3 | 25.1 | 24.9 | 24.6 | 25.7 | 27.5 | 29.9 | 32.3 | 34.5 | 36.1 | 36.9 | 36.4 | 35.3 | 33.9 | 32.0 | 30.4 | 28.8 | 27.6 | 27.2 | 26.9 | 26.5 | 26.2 | 28.9 | 24.2 | 36.9 |  |
| Mínima         | 20.9  | 20.5 | 20.1 | 19.8 | 19.5 | 19.2 | 19.2 | 20.1 | 21.8 | 24.4 | 26.4 | 28.0 | 28.9 | 29.4 | 29.4 | 28.3 | 27.0 | 25.5 | 24.1 | 23.2 | 22.7 | 22.3 | 21.9 | 21.4 | 23.8 | 19.2 | 29.4 |  |
| Rango          | 5.1   | 5.1  | 5.2  | 5.3  | 5.4  | 5.4  | 6.5  | 7.4  | 8.0  | 7.9  | 8.1  | 8.1  | 7.9  | 7.1  | 5.9  | 5.6  | 4.9  | 4.9  | 4.7  | 4.4  | 4.5  | 4.6  | 4.6  | 4.8  | 5.2  | 5.0  | 7.5  |  |
| Media          | 23.8  | 23.4 | 23.1 | 22.8 | 22.5 | 22.3 | 22.6 | 23.9 | 26.2 | 28.5 | 30.5 | 32.1 | 33.1 | 33.3 | 32.6 | 31.3 | 29.6 | 28.0 | 26.6 | 25.8 | 25.4 | 25.0 | 24.6 | 24.2 | 26.7 | 21.1 | 32.8 |  |
| Mediana        | 24.1  | 23.5 | 23.1 | 22.7 | 22.4 | 22.2 | 23.5 | 24.6 | 26.6 | 28.6 | 30.4 | 31.5 | 32.7 | 33.3 | 32.4 | 31.5 | 30.2 | 28.5 | 27.4 | 26.8 | 26.2 | 25.6 | 25.1 | 24.7 | 27.4 | 20.7 | 32.8 |  |
| Desv. estándar | 1.73  | 1.76 | 1.81 | 1.82 | 1.83 | 1.90 | 2.08 | 2.43 | 2.57 | 2.50 | 2.46 | 2.48 | 2.52 | 2.29 | 1.77 | 1.57 | 1.47 | 1.59 | 1.66 | 1.62 | 1.62 | 1.63 | 1.65 | 1.68 | 1.86 | 1.69 | 2.58 |  |

TABLA 24g. Datos horarios de temperatura de la estación Emiliano Zapata durante el período monitoreado

|                | HORAS |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|----------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| E.Zapata       | 1     | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | med  | Min  | Max  |  |
| julio          | 25.0  | 24.8 | 24.6 | 24.3 | 24.0 | 23.6 | 24.1 | 26.2 | 28.5 | 30.4 | 31.7 | 32.9 | 33.9 | 34.1 | 33.9 | 31.7 | 30.1 | 29.3 | 28.1 | 27.3 | 26.8 | 26.2 | 25.7 | 25.3 | 28.0 | 23.6 | 34.1 |  |
| agosto         | 25.4  | 25.1 | 24.9 | 24.5 | 24.2 | 24.1 | 24.1 | 25.8 | 28.2 | 30.3 | 31.8 | 33.1 | 34.0 | 34.7 | 33.9 | 32.7 | 31.1 | 29.7 | 28.0 | 27.2 | 26.4 | 26.1 | 25.8 | 25.5 | 28.2 | 24.1 | 34.7 |  |
| septiembre     | 25.4  | 25.1 | 24.9 | 24.8 | 24.6 | 24.4 | 24.3 | 25.7 | 28.0 | 29.9 | 31.4 | 32.6 | 33.2 | 33.4 | 31.8 | 30.8 | 29.8 | 29.0 | 28.2 | 27.5 | 26.9 | 26.4 | 26.1 | 25.7 | 27.9 | 24.3 | 33.4 |  |
| octubre        | 24.2  | 24.0 | 23.7 | 23.5 | 23.2 | 23.0 | 22.9 | 24.0 | 26.2 | 28.3 | 29.7 | 30.6 | 30.9 | 31.3 | 31.1 | 30.3 | 29.8 | 28.7 | 27.4 | 26.5 | 25.9 | 25.4 | 25.0 | 24.6 | 26.7 | 22.9 | 31.3 |  |
| noviembre      | 22.5  | 22.1 | 21.9 | 21.5 | 21.2 | 21.0 | 20.7 | 21.3 | 23.6 | 26.3 | 28.2 | 29.5 | 30.2 | 30.4 | 30.8 | 30.4 | 29.6 | 28.0 | 26.3 | 25.1 | 24.6 | 24.1 | 23.6 | 23.0 | 25.2 | 20.7 | 30.8 |  |
| diciembre      | 21.4  | 21.2 | 20.8 | 20.5 | 20.3 | 20.0 | 19.8 | 20.1 | 22.1 | 24.6 | 26.4 | 27.3 | 28.2 | 28.5 | 28.6 | 27.9 | 26.8 | 25.4 | 24.1 | 23.4 | 22.7 | 22.3 | 22.0 | 21.6 | 23.6 | 19.8 | 28.6 |  |
| enero          | 20.1  | 19.7 | 19.4 | 19.0 | 18.7 | 18.4 | 18.3 | 20.2 | 23.6 | 25.7 | 27.2 | 28.2 | 28.8 | 29.2 | 29.2 | 28.3 | 26.7 | 25.0 | 23.7 | 22.8 | 22.3 | 21.6 | 21.1 | 20.5 | 23.2 | 18.3 | 29.2 |  |
| febrero        | 21.6  | 21.0 | 20.5 | 20.1 | 19.6 | 19.3 | 19.3 | 21.4 | 24.7 | 27.0 | 28.7 | 29.9 | 30.7 | 31.0 | 30.7 | 29.8 | 28.0 | 26.1 | 24.8 | 24.0 | 23.4 | 23.0 | 22.6 | 22.1 | 24.6 | 19.3 | 31.0 |  |
| marzo          | 22.5  | 22.1 | 21.7 | 21.4 | 21.2 | 21.0 | 21.5 | 23.7 | 26.2 | 28.3 | 30.2 | 31.5 | 32.4 | 32.8 | 32.1 | 30.6 | 28.9 | 27.2 | 25.5 | 25.0 | 24.6 | 24.1 | 23.7 | 23.3 | 25.9 | 21.0 | 32.8 |  |
| abril          | 23.7  | 23.3 | 22.8 | 22.4 | 22.1 | 22.0 | 23.5 | 26.1 | 28.5 | 30.6 | 32.5 | 33.8 | 34.6 | 34.7 | 33.8 | 32.4 | 30.8 | 29.1 | 27.5 | 26.7 | 26.1 | 25.5 | 24.9 | 24.4 | 27.6 | 22.0 | 34.7 |  |
| mayo           | 25.0  | 24.6 | 24.1 | 23.8 | 23.5 | 23.6 | 25.6 | 28.2 | 30.1 | 32.8 | 34.7 | 36.0 | 36.3 | 35.4 | 33.8 | 31.6 | 30.0 | 28.6 | 27.5 | 26.9 | 26.5 | 26.2 | 25.7 | 25.2 | 28.6 | 23.5 | 36.3 |  |
| junio          |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| Máxima         | 25.4  | 25.1 | 24.9 | 24.8 | 24.6 | 24.4 | 25.6 | 28.2 | 30.1 | 32.8 | 34.7 | 36.0 | 36.3 | 35.4 | 33.9 | 32.7 | 31.1 | 29.7 | 28.2 | 27.5 | 26.9 | 26.4 | 26.1 | 25.7 | 28.6 | 23.5 | 36.3 |  |
| Mínima         | 20.1  | 19.7 | 19.4 | 19.0 | 18.7 | 18.4 | 18.3 | 20.1 | 22.1 | 24.6 | 26.4 | 27.3 | 28.2 | 28.5 | 28.6 | 27.9 | 26.7 | 25.0 | 23.7 | 22.8 | 22.3 | 21.6 | 21.1 | 20.5 | 23.2 | 18.3 | 28.6 |  |
| Rango          | 5.3   | 5.4  | 5.5  | 5.8  | 5.9  | 6.0  | 7.3  | 8.1  | 8.0  | 8.2  | 8.2  | 8.8  | 8.1  | 6.9  | 5.3  | 4.9  | 4.4  | 4.7  | 4.5  | 4.7  | 4.6  | 4.8  | 5.0  | 5.2  | 5.3  | 5.2  | 7.8  |  |
| Media          | 23.4  | 23.0 | 22.7 | 22.3 | 22.1 | 21.9 | 22.2 | 23.9 | 26.3 | 28.6 | 30.2 | 31.4 | 32.1 | 32.3 | 31.8 | 30.6 | 29.2 | 27.8 | 26.5 | 25.7 | 25.1 | 24.6 | 24.2 | 23.8 | 26.3 | 20.6 | 32.1 |  |
| Mediana        | 23.7  | 23.3 | 22.8 | 22.4 | 22.1 | 22.0 | 22.9 | 24.0 | 26.2 | 28.3 | 30.2 | 31.5 | 32.4 | 32.8 | 31.8 | 30.6 | 29.8 | 28.6 | 27.4 | 26.5 | 25.9 | 25.4 | 24.9 | 24.4 | 26.7 | 20.4 | 31.9 |  |
| Desv. estándar | 1.75  | 1.80 | 1.83 | 1.88 | 1.91 | 1.95 | 2.28 | 2.64 | 2.44 | 2.39 | 2.36 | 2.48 | 2.44 | 2.26 | 1.82 | 1.46 | 1.42 | 1.58 | 1.59 | 1.61 | 1.61 | 1.64 | 1.65 | 1.70 | 1.84 | 1.73 | 2.80 |  |

TABLA 24h. Datos horarios de temperatura de la estación Miguel Alemán durante el período monitoreado

| M. Alemán      | HORAS |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | med  | Min  | Max  |
|----------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                | 1     | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   |      |      |      |
| julio          | 25.3  | 25.0 | 24.7 | 24.4 | 24.1 | 23.9 | 24.1 | 26.4 | 28.6 | 30.1 | 31.8 | 33.0 | 33.8 | 34.9 | 35.1 | 33.4 | 30.9 | 29.6 | 28.2 | 27.5 | 27.1 | 26.5 | 26.0 | 25.6 | 28.3 | 23.9 | 35.1 |
| agosto         | 25.6  | 25.3 | 25.0 | 24.7 | 24.5 | 24.2 | 24.3 | 26.2 | 28.8 | 30.7 | 32.1 | 33.3 | 34.5 | 35.1 | 34.6 | 33.6 | 32.1 | 30.2 | 28.5 | 27.4 | 26.6 | 26.4 | 26.1 | 25.8 | 28.6 | 24.2 | 35.1 |
| septiembre     | 25.5  | 25.3 | 24.9 | 24.7 | 24.4 | 24.2 | 24.2 | 26.7 | 29.2 | 30.8 | 32.0 | 33.4 | 34.0 | 34.3 | 32.6 | 31.7 | 30.2 | 29.0 | 28.3 | 27.5 | 27.0 | 26.6 | 26.3 | 25.9 | 28.3 | 24.2 | 34.3 |
| octubre        | 24.6  | 24.3 | 24.0 | 23.8 | 23.6 | 23.4 | 23.3 | 25.1 | 27.3 | 29.1 | 30.6 | 31.3 | 31.7 | 32.2 | 32.0 | 31.0 | 30.1 | 29.0 | 27.8 | 26.9 | 26.3 | 25.8 | 25.4 | 25.0 | 27.2 | 23.3 | 32.2 |
| noviembre      | 23.0  | 22.5 | 22.4 | 21.9 | 21.6 | 21.5 | 21.2 | 22.2 | 24.7 | 27.1 | 29.1 | 30.6 | 31.0 | 31.4 | 31.6 | 31.4 | 30.0 | 28.4 | 26.7 | 25.6 | 25.0 | 24.6 | 24.0 | 23.5 | 25.9 | 21.2 | 31.6 |
| diciembre      | 21.6  | 21.1 | 20.8 | 20.5 | 20.3 | 20.0 | 19.8 | 21.1 | 24.5 | 26.6 | 28.3 | 29.8 | 31.1 | 31.0 | 31.0 | 29.4 | 27.4 | 25.6 | 24.4 | 23.6 | 23.0 | 22.6 | 22.2 | 21.8 | 24.5 | 19.8 | 31.1 |
| enero          | 20.6  | 20.1 | 19.7 | 19.4 | 19.0 | 18.7 | 18.6 | 21.7 | 24.8 | 26.9 | 28.8 | 30.1 | 30.8 | 31.1 | 31.0 | 29.4 | 27.1 | 25.2 | 24.0 | 23.2 | 22.6 | 22.0 | 21.5 | 20.9 | 24.1 | 18.6 | 31.1 |
| febrero        | 21.9  | 21.3 | 20.9 | 20.5 | 20.1 | 19.8 | 19.9 | 22.5 | 25.3 | 27.6 | 29.4 | 30.7 | 31.8 | 32.2 | 31.8 | 30.0 | 28.3 | 26.3 | 25.0 | 24.2 | 23.7 | 23.2 | 22.8 | 22.3 | 25.1 | 19.8 | 32.2 |
| marzo          | 22.7  | 22.2 | 22.0 | 21.6 | 21.4 | 21.2 | 21.9 | 24.2 | 26.7 | 28.6 | 30.3 | 31.8 | 32.9 | 33.6 | 32.9 | 31.0 | 29.2 | 27.5 | 25.7 | 25.3 | 24.8 | 24.3 | 23.9 | 23.5 | 26.2 | 21.2 | 33.6 |
| abril          | 24.0  | 23.5 | 23.0 | 22.7 | 22.4 | 22.3 | 24.0 | 26.6 | 28.7 | 30.8 | 32.4 | 33.9 | 34.9 | 35.2 | 34.5 | 32.8 | 30.9 | 29.2 | 27.7 | 27.0 | 26.4 | 25.7 | 25.2 | 24.7 | 27.9 | 22.3 | 35.2 |
| mayo           | 25.4  | 25.0 | 24.6 | 24.3 | 23.8 | 24.1 | 25.9 | 28.1 | 30.0 | 32.3 | 33.8 | 35.3 | 36.3 | 36.3 | 34.4 | 32.1 | 30.2 | 28.9 | 27.8 | 27.2 | 26.9 | 26.6 | 26.2 | 25.6 | 28.8 | 23.8 | 36.3 |
| junio          |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Máxima         | 25.6  | 25.3 | 25.0 | 24.7 | 24.5 | 24.2 | 25.9 | 28.1 | 30.0 | 32.3 | 33.8 | 35.3 | 36.3 | 36.3 | 35.1 | 33.6 | 32.1 | 30.2 | 28.5 | 27.5 | 27.1 | 26.6 | 26.3 | 25.9 | 28.8 | 23.8 | 36.3 |
| Minima         | 20.6  | 20.1 | 19.7 | 19.4 | 19.0 | 18.7 | 18.6 | 21.1 | 24.5 | 26.6 | 28.3 | 29.8 | 30.8 | 31.0 | 31.0 | 29.4 | 27.1 | 25.2 | 24.0 | 23.2 | 22.6 | 22.0 | 21.5 | 20.9 | 24.1 | 18.6 | 31.1 |
| Rango          | 5.0   | 5.2  | 5.3  | 5.3  | 5.5  | 5.5  | 7.3  | 7.0  | 5.5  | 5.7  | 5.5  | 5.5  | 5.5  | 5.2  | 4.1  | 4.2  | 5.0  | 5.0  | 4.5  | 4.3  | 4.5  | 4.6  | 4.8  | 5.0  | 4.7  | 5.2  | 5.2  |
| Media          | 23.6  | 23.2 | 22.9 | 22.6 | 22.3 | 22.1 | 22.5 | 24.6 | 27.1 | 29.2 | 30.8 | 32.1 | 33.0 | 33.4 | 32.9 | 31.4 | 29.7 | 28.1 | 26.7 | 25.9 | 25.4 | 24.9 | 24.5 | 24.0 | 26.8 | 20.9 | 33.3 |
| Mediana        | 24.0  | 23.5 | 23.0 | 22.7 | 22.4 | 22.3 | 23.3 | 25.1 | 27.3 | 29.1 | 30.6 | 31.8 | 32.9 | 33.6 | 32.6 | 31.4 | 30.1 | 28.9 | 27.7 | 26.9 | 26.3 | 25.7 | 25.2 | 24.7 | 27.2 | 20.5 | 32.9 |
| Desv. estándar | 1.71  | 1.79 | 1.80 | 1.83 | 1.86 | 1.91 | 2.21 | 2.30 | 1.95 | 1.83 | 1.69 | 1.69 | 1.75 | 1.79 | 1.46 | 1.41 | 1.46 | 1.61 | 1.59 | 1.56 | 1.59 | 1.62 | 1.65 | 1.69 | 1.65 | 1.74 | 1.98 |

TABLA 24i. Datos horarios de temperatura de la estación Juan Pablo II durante el período monitoreado

|                | HORAS |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|----------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| J. Pablo II    | 1     | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | med  | Min  | Max  |  |
| julio          | 25.2  | 24.8 | 24.5 | 24.2 | 24.0 | 23.7 | 23.6 | 25.9 | 28.3 | 29.8 | 31.1 | 32.2 | 33.2 | 33.6 | 33.8 | 32.8 | 30.1 | 29.0 | 28.0 | 27.2 | 26.7 | 26.4 | 26.0 | 25.6 | 27.9 | 23.6 | 33.8 |  |
| agosto         | 25.8  | 25.3 | 25.1 | 24.8 | 24.5 | 24.4 | 24.4 | 26.3 | 28.7 | 30.2 | 31.5 | 32.7 | 33.3 | 34.2 | 33.8 | 32.9 | 31.6 | 30.3 | 28.3 | 27.3 | 26.8 | 26.5 | 26.4 | 26.0 | 28.4 | 24.4 | 34.2 |  |
| septiembre     | 25.2  | 24.9 | 24.5 | 24.2 | 23.9 | 23.7 | 23.6 | 25.1 | 28.3 | 29.8 | 31.2 | 32.1 | 33.0 | 33.5 | 32.1 | 31.5 | 30.3 | 29.0 | 28.0 | 27.4 | 26.8 | 26.6 | 26.2 | 25.8 | 27.8 | 23.6 | 33.5 |  |
| octubre        | 25.0  | 24.7 | 24.4 | 24.0 | 23.7 | 23.6 | 23.5 | 24.6 | 26.9 | 28.5 | 29.8 | 30.7 | 31.0 | 31.5 | 31.4 | 31.0 | 30.3 | 29.0 | 27.8 | 27.1 | 26.6 | 26.2 | 25.8 | 25.4 | 27.2 | 23.5 | 31.5 |  |
| noviembre      | 22.9  | 22.6 | 22.2 | 22.0 | 21.8 | 21.5 | 21.5 | 24.0 | 26.1 | 27.9 | 29.3 | 30.2 | 30.6 | 30.7 | 30.9 | 30.2 | 28.7 | 26.9 | 25.7 | 25.3 | 25.0 | 24.5 | 23.9 | 23.4 | 25.7 | 21.5 | 30.9 |  |
| diciembre      | 21.1  | 20.5 | 20.2 | 19.9 | 19.5 | 19.4 | 19.3 | 21.8 | 24.5 | 26.2 | 27.4 | 28.5 | 29.2 | 29.4 | 28.9 | 27.8 | 26.1 | 24.5 | 23.5 | 23.0 | 22.6 | 22.3 | 21.9 | 21.4 | 23.7 | 19.3 | 29.4 |  |
| enero          | 20.7  | 20.3 | 19.7 | 19.5 | 19.2 | 18.9 | 18.9 | 21.2 | 23.9 | 25.8 | 27.6 | 28.8 | 29.5 | 30.0 | 30.1 | 29.1 | 27.5 | 25.2 | 23.9 | 23.1 | 22.6 | 22.3 | 21.8 | 21.2 | 23.8 | 18.9 | 30.1 |  |
| febrero        | 22.0  | 21.5 | 21.0 | 20.7 | 20.4 | 20.0 | 20.1 | 22.5 | 24.9 | 26.9 | 28.7 | 29.8 | 30.7 | 31.6 | 31.3 | 30.3 | 28.3 | 26.1 | 24.8 | 24.1 | 23.7 | 23.3 | 22.9 | 22.4 | 24.9 | 20.0 | 31.6 |  |
| marzo          | 22.4  | 21.9 | 21.5 | 21.2 | 20.9 | 20.8 | 21.4 | 23.6 | 26.0 | 27.9 | 29.8 | 30.8 | 31.9 | 32.8 | 32.1 | 30.8 | 28.7 | 26.8 | 25.3 | 24.9 | 24.5 | 24.1 | 23.6 | 23.1 | 25.7 | 20.8 | 32.8 |  |
| abril          | 23.8  | 23.3 | 22.8 | 22.5 | 22.1 | 22.1 | 23.3 | 26.0 | 28.0 | 29.1 | 31.5 | 33.0 | 33.9 | 34.3 | 33.9 | 32.7 | 30.8 | 28.9 | 27.4 | 26.6 | 26.2 | 25.6 | 25.0 | 24.5 | 27.4 | 22.1 | 34.3 |  |
| mayo           | 25.5  | 25.2 | 24.9 | 24.6 | 24.4 | 24.3 | 25.6 | 27.6 | 29.5 | 31.3 | 33.0 | 34.3 | 35.3 | 35.4 | 33.9 | 32.2 | 30.1 | 28.7 | 27.6 | 27.1 | 26.8 | 26.6 | 26.3 | 25.7 | 28.6 | 24.3 | 35.4 |  |
| junio          | 25.3  | 25.1 | 24.9 | 24.8 | 24.7 | 24.9 | 26.2 | 28.4 | 29.9 | 31.2 | 32.3 | 33.1 | 33.4 | 32.5 | 31.9 | 30.8 | 29.6 | 28.6 | 27.9 | 27.3 | 26.8 | 26.4 | 26.1 | 25.7 | 28.2 | 24.7 | 33.4 |  |
| Máxima         | 25.8  | 25.3 | 25.1 | 24.8 | 24.7 | 24.9 | 26.2 | 28.4 | 29.9 | 31.3 | 33.0 | 34.3 | 35.3 | 35.4 | 33.9 | 32.9 | 31.6 | 30.3 | 28.3 | 27.4 | 26.8 | 26.6 | 26.4 | 26.0 | 28.6 | 24.3 | 35.4 |  |
| Mínima         | 20.7  | 20.3 | 19.7 | 19.5 | 19.2 | 18.9 | 18.9 | 21.2 | 23.9 | 25.8 | 27.4 | 28.5 | 29.2 | 29.4 | 28.9 | 27.8 | 26.1 | 24.5 | 23.5 | 23.0 | 22.6 | 22.3 | 21.8 | 21.2 | 23.7 | 18.9 | 29.4 |  |
| Rango          | 5.1   | 5.0  | 5.4  | 5.3  | 5.5  | 6.0  | 7.3  | 7.2  | 6.0  | 5.5  | 5.5  | 5.7  | 6.0  | 6.0  | 5.0  | 5.1  | 5.5  | 5.8  | 4.8  | 4.3  | 4.3  | 4.3  | 4.6  | 4.8  | 4.9  | 5.4  | 6.0  |  |
| Media          | 23.7  | 23.3 | 23.0 | 22.7 | 22.4 | 22.3 | 22.6 | 24.7 | 27.1 | 28.8 | 30.3 | 31.3 | 32.1 | 32.5 | 32.0 | 31.0 | 29.3 | 27.8 | 26.5 | 25.9 | 25.4 | 25.1 | 24.6 | 24.2 | 26.6 | 20.9 | 32.2 |  |
| Mediana        | 24.4  | 24.0 | 23.6 | 23.2 | 22.9 | 22.8 | 23.4 | 24.8 | 27.5 | 29.1 | 30.4 | 31.3 | 32.4 | 32.7 | 32.0 | 30.9 | 29.3 | 27.8 | 26.5 | 25.8 | 26.4 | 25.9 | 25.4 | 24.9 | 24.9 | 27.3 | 20.9 |  |
| Desv. estándar | 1.77  | 1.83 | 1.90 | 1.91 | 1.95 | 2.03 | 2.27 | 2.13 | 1.92 | 1.79 | 1.71 | 1.74 | 1.81 | 1.78 | 1.56 | 1.48 | 1.48 | 1.73 | 1.68 | 1.63 | 1.62 | 1.62 | 1.68 | 1.72 | 1.70 | 1.85 | 2.15 |  |

TABLA 24j. Datos horarios de temperatura de la estación Observatorio durante el período monitoreado

| HORAS          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Observatorio   | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | med  | Min  | Max  |
| julio          | 24.0 | 23.7 | 23.5 | 23.3 | 23.2 | 23.1 | 24.4 | 26.5 | 28.2 | 30.0 | 31.2 | 32.0 | 32.5 | 32.6 | 31.3 | 30.4 | 29.0 | 28.1 | 26.8 | 26.0 | 25.5 | 25.1 | 24.6 | 24.3 | 27.1 | 23.1 | 32.6 |
| agosto         | 24.1 | 23.7 | 23.5 | 23.2 | 23.0 | 22.9 | 24.2 | 26.4 | 28.2 | 30.1 | 31.5 | 32.3 | 32.9 | 32.6 | 31.8 | 30.4 | 28.9 | 28.0 | 26.8 | 26.1 | 25.6 | 25.2 | 24.7 | 24.4 | 27.1 | 22.9 | 32.9 |
| septiembre     | 24.0 | 23.7 | 23.4 | 23.2 | 23.0 | 22.9 | 23.9 | 26.1 | 27.8 | 29.6 | 31.0 | 31.7 | 32.4 | 32.1 | 31.4 | 30.1 | 28.6 | 27.4 | 26.4 | 25.7 | 25.3 | 25.0 | 24.7 | 24.3 | 26.8 | 22.9 | 32.4 |
| octubre        | 23.1 | 22.8 | 22.5 | 22.1 | 21.9 | 21.7 | 22.6 | 25.1 | 27.4 | 29.3 | 30.7 | 31.4 | 31.9 | 31.9 | 31.3 | 30.2 | 28.7 | 27.2 | 26.1 | 25.3 | 24.9 | 24.5 | 23.9 | 23.5 | 26.3 | 21.7 | 31.9 |
| noviembre      | 21.7 | 21.3 | 20.9 | 20.7 | 20.5 | 20.2 | 20.9 | 23.4 | 25.8 | 27.9 | 29.2 | 29.7 | 30.4 | 30.6 | 30.1 | 28.9 | 27.3 | 25.7 | 24.6 | 23.9 | 23.4 | 23.0 | 22.5 | 22.0 | 24.8 | 20.2 | 30.6 |
| diciembre      | 20.9 | 20.6 | 20.3 | 20.1 | 19.7 | 19.4 | 19.5 | 21.3 | 23.8 | 26.2 | 27.7 | 28.5 | 28.9 | 29.2 | 28.8 | 27.7 | 26.2 | 24.7 | 23.6 | 23.0 | 22.5 | 22.1 | 21.8 | 21.4 | 23.7 | 19.4 | 29.2 |
| enero          | 19.4 | 18.9 | 18.5 | 18.1 | 17.8 | 17.5 | 17.5 | 19.0 | 21.5 | 24.2 | 26.1 | 27.3 | 27.9 | 28.4 | 28.2 | 27.5 | 26.3 | 24.6 | 23.1 | 22.2 | 21.5 | 21.1 | 20.5 | 19.8 | 22.4 | 17.5 | 28.4 |
| febrero        | 20.9 | 20.5 | 20.2 | 19.8 | 19.4 | 19.1 | 19.2 | 20.8 | 23.3 | 25.8 | 27.7 | 28.9 | 29.8 | 30.0 | 30.1 | 29.4 | 28.1 | 26.4 | 24.7 | 23.7 | 23.1 | 22.5 | 22.0 | 21.4 | 24.0 | 19.1 | 30.1 |
| marzo          | 21.7 | 21.1 | 20.6 | 20.2 | 19.9 | 19.7 | 20.3 | 22.6 | 25.0 | 27.7 | 29.4 | 30.7 | 31.7 | 32.2 | 32.2 | 31.5 | 30.0 | 28.2 | 26.3 | 25.1 | 24.4 | 23.8 | 23.1 | 22.5 | 25.4 | 19.7 | 32.2 |
| abril          | 23.5 | 23.1 | 22.6 | 22.1 | 21.8 | 21.4 | 22.7 | 25.2 | 27.7 | 30.0 | 32.0 | 33.3 | 34.4 | 34.8 | 34.6 | 33.8 | 32.1 | 30.4 | 28.4 | 27.1 | 26.4 | 25.8 | 25.0 | 24.2 | 27.6 | 21.4 | 34.8 |
| mayo           | 25.1 | 24.6 | 24.1 | 23.8 | 23.5 | 23.4 | 24.8 | 27.1 | 29.1 | 31.4 | 33.3 | 34.4 | 35.2 | 35.4 | 34.8 | 33.5 | 31.9 | 30.3 | 28.6 | 27.5 | 27.1 | 26.6 | 26.1 | 25.5 | 28.6 | 23.4 | 35.4 |
| junio          | 24.8 | 24.5 | 24.3 | 24.1 | 23.9 | 23.9 | 25.4 | 27.2 | 29.0 | 30.8 | 32.2 | 33.1 | 33.7 | 33.6 | 32.9 | 31.9 | 30.6 | 29.5 | 28.1 | 27.1 | 26.6 | 26.2 | 25.7 | 25.2 | 28.1 | 23.9 | 33.7 |
| Máxima         | 25.1 | 24.6 | 24.3 | 24.1 | 23.9 | 23.9 | 25.4 | 27.2 | 29.1 | 31.4 | 33.3 | 34.4 | 35.2 | 35.4 | 34.8 | 33.8 | 32.1 | 30.4 | 28.6 | 27.5 | 27.1 | 26.6 | 26.1 | 25.5 | 28.6 | 23.4 | 35.4 |
| Mínima         | 19.4 | 18.9 | 18.5 | 18.1 | 17.8 | 17.5 | 17.5 | 19.0 | 21.5 | 24.2 | 26.1 | 27.3 | 27.9 | 28.4 | 28.2 | 27.5 | 26.2 | 24.6 | 23.1 | 22.2 | 21.5 | 21.1 | 20.5 | 19.8 | 22.4 | 17.5 | 28.4 |
| Rango          | 5.7  | 5.7  | 5.8  | 6.0  | 6.1  | 6.4  | 7.9  | 8.2  | 7.6  | 7.2  | 7.2  | 7.1  | 7.3  | 7.0  | 6.6  | 6.3  | 5.9  | 5.8  | 5.5  | 5.3  | 5.6  | 5.5  | 5.6  | 5.7  | 6.3  | 5.9  | 7.0  |
| Media          | 22.8 | 22.4 | 22.0 | 21.7 | 21.5 | 21.3 | 22.1 | 24.2 | 26.4 | 28.6 | 30.2 | 31.1 | 31.8 | 32.0 | 31.5 | 30.4 | 29.0 | 27.5 | 26.1 | 25.2 | 24.7 | 24.2 | 23.7 | 23.2 | 26.0 | 20.1 | 31.7 |
| Mediana        | 23.3 | 23.0 | 22.6 | 22.1 | 21.9 | 21.6 | 22.7 | 25.2 | 27.6 | 29.5 | 30.9 | 31.6 | 32.2 | 32.2 | 31.4 | 30.3 | 28.8 | 27.7 | 26.4 | 25.5 | 25.1 | 24.8 | 24.3 | 23.9 | 26.5 | 19.6 | 31.2 |
| Desv. estándar | 1.72 | 1.76 | 1.79 | 1.82 | 1.88 | 1.97 | 2.46 | 2.63 | 2.38 | 2.13 | 2.07 | 2.05 | 2.11 | 2.03 | 1.94 | 1.91 | 1.84 | 1.87 | 1.73 | 1.63 | 1.67 | 1.67 | 1.65 | 1.69 | 1.85 | 1.87 | 2.68 |

TABLA 24k. Datos horarios de temperatura de la estación Linda Vista durante el período monitoreado

| HORAS          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Linda Vista    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | med  | Min  | Max  |
| julio          | 25.7 | 25.6 | 25.2 | 24.9 | 24.7 | 24.3 | 24.7 | 27.0 | 29.0 | 30.4 | 32.0 | 32.9 | 33.5 | 34.2 | 33.9 | 32.2 | 30.3 | 29.3 | 28.3 | 27.5 | 27.1 | 26.6 | 26.3 | 26.0 | 28.4 | 24.3 | 34.2 |
| agosto         | 26.3 | 26.0 | 25.6 | 25.4 | 25.1 | 24.8 | 25.0 | 27.2 | 29.2 | 31.0 | 32.3 | 33.5 | 34.1 | 34.8 | 33.8 | 32.9 | 31.7 | 30.3 | 28.8 | 27.6 | 27.0 | 26.7 | 26.5 | 26.3 | 28.8 | 24.8 | 34.8 |
| septiembre     | 25.9 | 25.5 | 25.3 | 24.9 | 24.6 | 24.4 | 24.4 | 27.4 | 29.7 | 30.8 | 32.1 | 33.1 | 33.7 | 33.5 | 32.5 | 31.8 | 30.6 | 29.3 | 28.5 | 27.7 | 27.3 | 26.9 | 26.5 | 26.2 | 28.4 | 24.4 | 33.7 |
| octubre        | 25.1 | 24.9 | 24.4 | 24.2 | 23.8 | 23.7 | 23.7 | 25.4 | 27.2 | 28.8 | 30.1 | 31.1 | 31.4 | 31.7 | 31.5 | 31.0 | 30.0 | 29.0 | 27.8 | 26.9 | 26.3 | 26.0 | 25.7 | 25.4 | 27.3 | 23.7 | 31.7 |
| noviembre      | 23.2 | 22.8 | 22.6 | 22.4 | 22.0 | 21.7 | 21.6 | 22.3 | 24.2 | 26.8 | 28.6 | 30.0 | 30.8 | 31.3 | 31.2 | 31.0 | 29.8 | 28.2 | 26.4 | 25.5 | 25.0 | 24.8 | 24.3 | 23.9 | 25.9 | 21.6 | 31.3 |
| diciembre      | 21.8 | 21.3 | 20.9 | 20.6 | 20.3 | 20.0 | 20.0 | 20.3 | 22.3 | 25.4 | 27.1 | 28.4 | 29.4 | 29.6 | 29.4 | 28.6 | 27.0 | 25.6 | 24.4 | 23.6 | 23.1 | 22.7 | 22.3 | 21.9 | 24.0 | 20.0 | 29.6 |
| enero          | 20.7 | 20.2 | 19.9 | 19.5 | 19.2 | 18.9 | 18.9 | 21.3 | 24.2 | 26.4 | 28.1 | 29.2 | 29.7 | 29.9 | 29.8 | 28.4 | 26.7 | 24.9 | 23.7 | 23.0 | 22.4 | 21.9 | 21.4 | 21.0 | 23.7 | 18.9 | 29.9 |
| febrero        | 22.1 | 21.4 | 21.0 | 20.7 | 20.2 | 19.9 | 20.1 | 22.8 | 25.2 | 27.6 | 29.3 | 30.5 | 31.0 | 31.6 | 31.2 | 29.6 | 27.8 | 26.1 | 24.6 | 24.0 | 23.5 | 23.2 | 22.9 | 22.4 | 24.9 | 19.9 | 31.6 |
| marzo          | 22.6 | 22.2 | 21.9 | 21.6 | 21.3 | 21.1 | 21.8 | 24.1 | 26.7 | 28.6 | 30.5 | 31.6 | 32.5 | 32.9 | 32.3 | 30.4 | 28.7 | 26.9 | 25.3 | 24.8 | 24.5 | 24.2 | 23.7 | 23.3 | 26.0 | 21.1 | 32.9 |
| abril          | 23.9 | 23.5 | 23.0 | 22.4 | 22.1 | 22.1 | 24.0 | 26.6 | 28.8 | 30.6 | 32.5 | 33.5 | 34.4 | 34.6 | 33.8 | 32.1 | 30.4 | 28.7 | 27.5 | 26.7 | 26.2 | 25.6 | 25.0 | 24.5 | 27.6 | 22.1 | 34.6 |
| mayo           | 25.4 | 24.9 | 24.6 | 24.3 | 24.0 | 24.3 | 26.0 | 28.1 | 30.5 | 32.4 | 33.9 | 34.8 | 35.6 | 35.5 | 33.5 | 31.7 | 29.8 | 28.5 | 27.5 | 26.9 | 26.7 | 26.3 | 26.1 | 25.6 | 28.6 | 24.0 | 35.6 |
| junio          | 25.3 | 25.2 | 25.0 | 24.8 | 24.7 | 25.3 | 27.6 | 29.5 | 30.8 | 32.5 | 33.6 | 34.2 | 34.2 | 33.0 | 32.2 | 30.5 | 29.5 | 28.7 | 28.0 | 27.2 | 26.7 | 26.3 | 25.9 | 25.7 | 28.6 | 24.7 | 34.2 |
| Máxima         | 26.3 | 26.0 | 25.6 | 25.4 | 25.1 | 25.3 | 27.6 | 29.5 | 30.8 | 32.5 | 33.9 | 34.8 | 35.6 | 35.5 | 33.9 | 32.9 | 31.7 | 30.3 | 28.8 | 27.7 | 27.3 | 26.9 | 26.5 | 26.3 | 28.8 | 24.0 | 35.6 |
| Mínima         | 20.7 | 20.2 | 19.9 | 19.5 | 19.2 | 18.9 | 18.9 | 20.3 | 23.2 | 25.4 | 27.1 | 28.4 | 29.4 | 29.6 | 29.4 | 28.4 | 26.7 | 24.9 | 23.7 | 23.0 | 22.4 | 21.9 | 21.4 | 21.0 | 23.7 | 18.9 | 29.6 |
| Rango          | 5.6  | 5.8  | 5.7  | 5.9  | 5.9  | 6.4  | 8.7  | 9.2  | 8.5  | 7.2  | 6.8  | 6.4  | 6.2  | 5.9  | 4.4  | 4.5  | 5.0  | 5.4  | 5.1  | 4.7  | 4.9  | 5.0  | 5.1  | 5.3  | 5.1  | 5.1  | 6.0  |
| Media          | 24.0 | 23.6 | 23.3 | 23.0 | 22.7 | 22.5 | 23.1 | 25.2 | 27.3 | 29.3 | 30.8 | 31.9 | 32.5 | 32.7 | 32.1 | 30.8 | 29.3 | 28.0 | 26.7 | 26.0 | 25.5 | 25.1 | 24.7 | 24.4 | 26.9 | 21.0 | 32.4 |
| Mediana        | 24.5 | 24.2 | 23.7 | 23.3 | 23.0 | 22.9 | 23.8 | 26.0 | 28.0 | 29.6 | 31.3 | 32.0 | 32.9 | 32.2 | 31.0 | 29.8 | 28.6 | 27.5 | 26.8 | 26.3 | 25.8 | 25.4 | 25.0 | 27.5 | 20.5 | 32.3 | 32.4 |
| Desv. estándar | 1.79 | 1.90 | 1.91 | 1.94 | 1.98 | 2.10 | 2.55 | 2.82 | 2.68 | 2.27 | 2.13 | 1.99 | 1.94 | 1.83 | 1.45 | 1.36 | 1.45 | 1.61 | 1.70 | 1.63 | 1.65 | 1.65 | 1.69 | 1.75 | 1.80 | 1.68 | 2.25 |

TABLA 24l. Datos horarios de temperatura de la estación Kukulcán durante el período monitoreado

| HORAS          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| Kukulcán       | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | med  | Min  | Max  |  |
| julio          | 23.9 | 23.7 | 23.4 | 23.1 | 22.9 | 22.8 | 23.3 | 25.2 | 27.4 | 29.1 | 30.4 | 31.5 | 32.4 | 33.0 | 33.2 | 31.3 | 29.6 | 28.5 | 27.2 | 26.7 | 26.0 | 25.6 | 24.8 | 24.4 | 27.1 | 22.8 | 33.2 |  |
| agosto         | 24.4 | 24.2 | 24.0 | 23.7 | 23.5 | 23.4 | 23.3 | 25.0 | 27.3 | 29.3 | 30.6 | 31.7 | 32.4 | 33.0 | 33.1 | 32.2 | 31.0 | 29.5 | 27.4 | 26.7 | 26.0 | 25.6 | 25.1 | 24.8 | 27.4 | 23.3 | 33.1 |  |
| septiembre     | 24.5 | 24.2 | 23.9 | 23.6 | 23.5 | 23.4 | 23.3 | 24.8 | 27.1 | 29.0 | 30.2 | 31.2 | 31.8 | 32.1 | 30.7 | 30.2 | 29.1 | 28.6 | 27.9 | 27.2 | 26.5 | 25.9 | 25.4 | 24.9 | 27.0 | 23.3 | 32.1 |  |
| octubre        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| noviembre      | 21.6 | 21.4 | 21.2 | 21.1 | 20.7 | 20.4 | 20.7 | 23.0 | 25.7 | 28.1 | 29.8 | 30.6 | 31.0 | 31.2 | 31.3 | 30.2 | 28.6 | 26.6 | 25.4 | 24.5 | 24.0 | 23.3 | 22.7 | 22.0 | 25.2 | 20.4 | 31.3 |  |
| diciembre      | 20.7 | 20.0 | 19.7 | 19.6 | 19.2 | 19.1 | 19.0 | 21.2 | 23.9 | 26.1 | 27.6 | 28.4 | 28.8 | 28.9 | 28.6 | 27.5 | 26.0 | 24.6 | 23.6 | 23.0 | 22.4 | 21.9 | 21.5 | 20.8 | 23.4 | 19.0 | 28.9 |  |
| enero          | 19.6 | 19.0 | 18.6 | 18.3 | 18.0 | 17.8 | 17.7 | 20.0 | 23.6 | 26.1 | 27.7 | 28.8 | 29.4 | 30.0 | 29.8 | 28.9 | 27.3 | 25.2 | 23.8 | 22.7 | 22.2 | 21.5 | 20.7 | 20.2 | 23.2 | 17.7 | 30.0 |  |
| febrero        | 21.1 | 20.5 | 19.9 | 19.5 | 19.0 | 18.7 | 18.8 | 21.7 | 25.0 | 27.2 | 28.8 | 30.1 | 30.8 | 31.5 | 31.2 | 30.2 | 28.3 | 26.0 | 24.8 | 23.9 | 23.3 | 22.8 | 22.1 | 21.7 | 24.5 | 18.7 | 31.5 |  |
| marzo          | 22.1 | 21.6 | 21.2 | 20.9 | 20.8 | 20.5 | 21.3 | 23.8 | 26.2 | 28.2 | 29.8 | 31.2 | 31.8 | 32.5 | 32.0 | 30.6 | 29.2 | 27.2 | 25.6 | 25.0 | 24.4 | 24.0 | 23.5 | 22.9 | 25.7 | 20.5 | 32.5 |  |
| abril          | 23.2 | 22.7 | 22.3 | 21.9 | 21.7 | 21.7 | 23.4 | 26.0 | 28.1 | 29.8 | 31.3 | 32.6 | 33.5 | 33.9 | 33.4 | 32.3 | 30.9 | 29.0 | 27.6 | 26.6 | 26.0 | 25.3 | 24.7 | 24.0 | 27.2 | 21.7 | 33.9 |  |
| mayo           | 24.6 | 24.1 | 23.8 | 23.5 | 23.2 | 23.3 | 25.3 | 27.8 | 29.8 | 31.5 | 33.2 | 34.3 | 35.1 | 35.2 | 33.8 | 31.7 | 29.9 | 28.7 | 27.5 | 26.9 | 26.6 | 26.1 | 25.5 | 24.9 | 28.2 | 23.2 | 35.2 |  |
| junio          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| Máxima         | 24.6 | 24.2 | 24.0 | 23.7 | 23.5 | 23.4 | 25.3 | 27.8 | 29.8 | 31.5 | 33.2 | 34.3 | 35.1 | 35.2 | 33.8 | 32.3 | 31.0 | 29.5 | 27.9 | 27.2 | 26.6 | 26.1 | 25.5 | 24.9 | 28.2 | 23.2 | 35.2 |  |
| Mínima         | 19.6 | 19.0 | 18.6 | 18.3 | 18.0 | 17.8 | 17.7 | 20.0 | 23.6 | 26.1 | 27.6 | 28.4 | 28.8 | 28.9 | 28.6 | 27.5 | 26.0 | 24.6 | 23.6 | 22.7 | 22.2 | 21.5 | 20.7 | 20.2 | 23.2 | 17.7 | 28.9 |  |
| Rango          | 5.0  | 5.2  | 5.4  | 5.4  | 5.5  | 5.6  | 7.6  | 7.8  | 6.2  | 5.4  | 5.6  | 5.8  | 6.3  | 6.3  | 5.2  | 4.8  | 5.0  | 4.9  | 4.4  | 4.5  | 4.4  | 4.6  | 4.8  | 4.7  | 5.0  | 5.5  | 6.3  |  |
| Media          | 22.6 | 22.2 | 21.8 | 21.5 | 21.2 | 21.1 | 21.6 | 23.9 | 26.4 | 28.4 | 29.9 | 31.0 | 31.7 | 32.1 | 31.7 | 30.5 | 29.0 | 27.4 | 26.1 | 25.3 | 24.7 | 24.2 | 23.6 | 23.1 | 25.9 | 20.1 | 32.0 |  |
| Mediana        | 22.7 | 22.2 | 21.8 | 21.5 | 21.2 | 21.1 | 22.3 | 24.3 | 26.7 | 28.6 | 30.0 | 31.2 | 31.8 | 32.3 | 31.6 | 30.4 | 29.2 | 27.8 | 26.8 | 25.2 | 24.7 | 24.1 | 23.5 | 26.4 | 19.8 | 32.0 |      |  |
| Desv. estándar | 1.71 | 1.82 | 1.87 | 1.86 | 1.93 | 2.01 | 2.37 | 2.27 | 1.82 | 1.58 | 1.58 | 1.62 | 1.76 | 1.74 | 1.62 | 1.40 | 1.47 | 1.63 | 1.57 | 1.63 | 1.61 | 1.63 | 1.66 | 1.69 | 1.66 | 1.88 | 2.15 |  |

TABLA 24m. Datos horarios de temperatura de la estación CICY durante el período monitoreado

| HORAS          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| CICY           | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | med  | Min  | Max  |  |
| julio          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| agosto         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| septiembre     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| octubre        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| noviembre      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| diciembre      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| enero          | 20.0 | 19.6 | 19.1 | 18.7 | 18.3 | 18.0 | 17.8 | 18.9 | 22.5 | 25.7 | 28.1 | 29.5 | 30.2 | 30.2 | 30.2 | 28.7 | 26.8 | 24.9 | 23.5 | 22.6 | 22.0 | 21.5 | 21.0 | 20.4 | 23.3 | 17.8 | 30.2 |  |
| febrero        | 21.6 | 21.0 | 20.5 | 20.0 | 19.4 | 19.1 | 19.1 | 21.5 | 25.1 | 27.9 | 30.1 | 31.3 | 32.2 | 32.7 | 31.9 | 29.8 | 27.7 | 25.6 | 24.2 | 23.6 | 23.2 | 22.8 | 22.3 | 21.9 | 24.8 | 19.1 | 32.7 |  |
| marzo          | 22.3 | 21.8 | 21.5 | 21.3 | 20.9 | 20.7 | 21.3 | 23.9 | 26.8 | 29.1 | 31.3 | 32.7 | 33.5 | 33.9 | 33.0 | 31.0 | 28.7 | 26.7 | 25.1 | 24.5 | 24.1 | 23.9 | 23.5 | 23.1 | 26.0 | 20.7 | 33.9 |  |
| abril          | 23.4 | 22.9 | 22.5 | 22.0 | 21.6 | 21.5 | 23.5 | 26.2 | 28.7 | 31.2 | 33.5 | 34.7 | 35.8 | 35.7 | 34.5 | 32.6 | 30.4 | 28.4 | 27.1 | 26.2 | 25.8 | 25.1 | 24.5 | 23.9 | 27.6 | 21.5 | 35.8 |  |
| mayo           | 25.0 | 24.6 | 24.2 | 23.9 | 23.5 | 23.6 | 25.7 | 28.1 | 30.5 | 32.9 | 35.2 | 36.7 | 37.2 | 35.9 | 33.9 | 31.9 | 29.8 | 28.4 | 27.2 | 26.6 | 26.3 | 25.9 | 25.5 | 25.2 | 28.7 | 23.5 | 37.2 |  |
| junio          | 25.1 | 24.9 | 24.7 | 24.5 | 24.4 | 25.0 | 26.9 | 28.8 | 30.5 | 32.2 | 33.6 | 34.6 | 34.6 | 33.3 | 32.0 | 30.4 | 29.3 | 28.5 | 27.6 | 26.9 | 26.3 | 26.0 | 25.7 | 25.3 | 28.4 | 24.4 | 34.6 |  |
| Máxima         | 25.1 | 24.9 | 24.7 | 24.5 | 24.4 | 25.0 | 26.9 | 28.8 | 30.5 | 32.9 | 35.2 | 36.7 | 37.2 | 35.9 | 34.5 | 32.6 | 30.4 | 28.5 | 27.6 | 26.9 | 26.3 | 26.0 | 25.7 | 25.3 | 28.7 | 23.5 | 37.2 |  |
| Mínima         | 20.0 | 19.6 | 19.1 | 18.7 | 18.3 | 18.0 | 17.8 | 18.9 | 22.5 | 25.7 | 28.1 | 29.5 | 30.2 | 30.2 | 30.2 | 28.7 | 26.8 | 24.9 | 23.5 | 22.6 | 22.0 | 21.5 | 21.0 | 20.4 | 23.3 | 17.8 | 30.2 |  |
| Rango          | 5.1  | 5.3  | 5.6  | 5.8  | 6.1  | 7.0  | 9.1  | 9.9  | 8.0  | 7.2  | 7.1  | 7.2  | 7.0  | 5.7  | 4.3  | 3.9  | 3.6  | 3.6  | 4.1  | 4.3  | 4.3  | 4.5  | 4.7  | 4.9  | 5.4  | 5.7  | 7.0  |  |
| Media          | 22.9 | 22.5 | 22.1 | 21.7 | 21.4 | 21.3 | 22.4 | 24.6 | 27.3 | 29.8 | 32.0 | 33.2 | 33.9 | 33.6 | 32.6 | 30.7 | 28.8 | 27.1 | 25.8 | 25.1 | 24.6 | 24.2 | 23.8 | 23.3 | 26.4 | 20.5 | 34.0 |  |
| Mediana        | 22.9 | 22.4 | 22.0 | 21.7 | 21.3 | 21.1 | 22.4 | 25.1 | 27.8 | 30.2 | 32.4 | 33.6 | 34.0 | 33.6 | 32.5 | 30.7 | 29.0 | 27.5 | 26.1 | 25.4 | 25.0 | 24.5 | 24.0 | 23.5 | 26.8 | 20.7 | 33.9 |  |
| Desv. estándar | 1.82 | 1.88 | 1.96 | 2.04 | 2.14 | 2.42 | 3.31 | 3.53 | 2.90 | 2.52 | 2.40 | 2.38 | 2.29 | 1.92 | 1.42 | 1.29 | 1.23 | 1.44 | 1.60 | 1.61 | 1.65 | 1.65 | 1.69 | 1.76 | 1.96 | 1.98 | 2.4  |  |

TABLA 24n. Datos horarios de temperatura de la estación PROSEY durante el período monitoreado

| HORAS          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| PROSEY         | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | med  | Min  | Max  |  |
| julio          | 24.0 | 23.8 | 23.5 | 23.1 | 22.7 | 22.4 | 22.1 | 23.2 | 25.4 | 27.8 | 29.3 | 30.4 | 31.3 | 31.9 | 31.7 | 30.7 | 29.5 | 28.3 | 27.2 | 26.4 | 25.6 | 24.9 | 24.5 | 24.2 | 26.4 | 22.1 | 31.9 |  |
| agosto         | 24.2 | 23.9 | 23.6 | 23.3 | 22.9 | 22.6 | 22.5 | 23.5 | 25.9 | 28.4 | 30.0 | 31.1 | 31.9 | 32.6 | 32.6 | 31.5 | 30.4 | 29.2 | 28.1 | 26.2 | 24.9 | 24.6 | 24.3 | 24.2 | 26.8 | 22.5 | 32.6 |  |
| septiembre     | 24.0 | 23.7 | 23.6 | 23.3 | 23.0 | 22.7 | 22.4 | 23.2 | 25.3 | 27.7 | 29.4 | 30.5 | 31.2 | 31.2 | 31.0 | 29.9 | 29.3 | 28.3 | 27.2 | 26.1 | 25.3 | 24.9 | 24.4 | 24.2 | 26.3 | 22.4 | 31.2 |  |
| octubre        | 23.1 | 22.9 | 22.6 | 22.2 | 21.9 | 21.7 | 21.5 | 22.1 | 24.1 | 26.6 | 28.4 | 29.6 | 30.2 | 30.4 | 30.6 | 29.9 | 29.2 | 28.2 | 26.4 | 25.1 | 24.3 | 24.0 | 23.7 | 23.4 | 25.5 | 21.5 | 30.6 |  |
| noviembre      | 21.3 | 20.8 | 20.5 | 20.2 | 20.0 | 19.6 | 19.4 | 19.4 | 21.3 | 24.4 | 26.8 | 28.4 | 29.4 | 30.1 | 30.3 | 30.3 | 29.8 | 28.2 | 25.9 | 24.3 | 23.5 | 23.1 | 22.5 | 22.0 | 24.2 | 19.4 | 30.3 |  |
| diciembre      | 20.2 | 19.9 | 19.3 | 18.9 | 18.6 | 18.3 | 18.1 | 18.0 | 19.4 | 22.7 | 25.2 | 26.4 | 27.3 | 27.9 | 28.1 | 27.8 | 27.0 | 25.6 | 23.9 | 22.6 | 21.7 | 21.2 | 20.9 | 20.4 | 22.5 | 18.0 | 28.1 |  |
| enero          | 19.7 | 19.3 | 18.8 | 18.4 | 17.9 | 17.4 | 17.1 | 16.8 | 18.2 | 21.8 | 24.6 | 26.2 | 27.4 | 28.3 | 28.8 | 29.0 | 28.4 | 27.1 | 25.1 | 23.4 | 22.3 | 21.5 | 20.9 | 20.3 | 22.4 | 16.8 | 29.0 |  |
| febrero        | 21.5 | 20.9 | 20.2 | 19.7 | 19.0 | 18.5 | 18.1 | 17.9 | 19.5 | 23.1 | 25.5 | 27.2 | 28.6 | 29.5 | 30.3 | 30.4 | 29.6 | 28.2 | 26.3 | 24.4 | 23.4 | 22.9 | 22.4 | 21.9 | 23.7 | 17.9 | 30.4 |  |
| marzo          | 23.1 | 22.5 | 21.9 | 21.4 | 21.0 | 20.7 | 20.3 | 20.1 | 20.1 | 22.0 | 24.7 | 26.6 | 28.2 | 29.6 | 30.6 | 31.4 | 31.3 | 30.5 | 29.0 | 27.2 | 25.4 | 24.2 | 24.0 | 23.5 | 25.0 | 20.1 | 31.4 |  |
| abril          | 23.2 | 22.7 | 22.2 | 21.7 | 21.3 | 20.9 | 20.6 | 21.4 | 24.1 | 26.5 | 28.3 | 30.0 | 31.3 | 32.4 | 32.9 | 32.7 | 31.9 | 30.5 | 28.8 | 27.2 | 26.0 | 25.3 | 24.7 | 24.0 | 26.3 | 20.6 | 32.9 |  |
| mayo           | 24.9 | 24.4 | 23.8 | 23.4 | 23.1 | 22.8 | 22.7 | 23.7 | 26.1 | 28.1 | 29.9 | 31.6 | 33.0 | 34.0 | 34.0 | 33.1 | 31.7 | 29.8 | 28.4 | 27.2 | 26.3 | 25.9 | 25.4 | 25.0 | 27.4 | 22.7 | 34.0 |  |
| junio          | 24.7 | 24.5 | 24.2 | 24.1 | 23.9 | 23.8 | 23.8 | 24.7 | 26.4 | 28.1 | 29.6 | 30.8 | 31.7 | 32.3 | 31.6 | 30.9 | 29.8 | 28.9 | 28.3 | 27.4 | 26.4 | 25.8 | 25.4 | 25.0 | 27.2 | 23.8 | 32.3 |  |
| Máxima         | 24.9 | 24.5 | 24.2 | 24.1 | 23.9 | 23.8 | 23.8 | 24.7 | 26.4 | 28.4 | 30.0 | 31.6 | 33.0 | 34.0 | 34.0 | 33.1 | 31.9 | 30.5 | 29.0 | 27.4 | 26.4 | 25.9 | 25.4 | 25.0 | 27.4 | 22.7 | 34.0 |  |
| Mínima         | 19.7 | 19.3 | 18.8 | 18.4 | 17.9 | 17.4 | 17.1 | 16.8 | 18.2 | 21.8 | 24.6 | 26.2 | 27.3 | 27.9 | 28.1 | 27.8 | 27.0 | 25.6 | 23.9 | 22.6 | 21.7 | 21.2 | 20.9 | 20.3 | 22.4 | 16.8 | 28.1 |  |
| Rango          | 5.2  | 5.2  | 5.4  | 5.7  | 6.0  | 6.4  | 6.7  | 7.9  | 8.2  | 6.6  | 5.4  | 5.4  | 5.7  | 6.1  | 5.8  | 5.3  | 4.9  | 4.9  | 5.1  | 4.8  | 4.7  | 4.7  | 4.6  | 4.7  | 5.0  | 5.9  | 5.8  |  |
| Media          | 22.8 | 22.4 | 22.0 | 21.6 | 21.3 | 20.9 | 20.7 | 21.2 | 23.0 | 25.6 | 27.6 | 29.1 | 30.1 | 30.8 | 31.1 | 30.6 | 29.8 | 28.6 | 27.1 | 25.6 | 24.6 | 24.0 | 23.6 | 23.2 | 25.3 | 19.3 | 31.0 |  |
| Mediana        | 23.2 | 22.8 | 22.4 | 22.0 | 21.6 | 21.3 | 21.1 | 21.7 | 24.1 | 26.5 | 28.4 | 29.8 | 30.7 | 30.8 | 30.8 | 30.6 | 29.7 | 28.3 | 27.2 | 26.2 | 25.1 | 24.4 | 24.2 | 23.8 | 25.9 | 19.0 | 30.9 |  |
| Desv. estándar | 1.67 | 1.71 | 1.79 | 1.84 | 1.92 | 1.99 | 2.06 | 2.53 | 2.92 | 2.50 | 2.06 | 1.90 | 1.82 | 1.77 | 1.59 | 1.41 | 1.33 | 1.33 | 1.52 | 1.56 | 1.50 | 1.49 | 1.51 | 1.58 | 1.67 | 1.99 | 2.04 |  |

TABLA 24o. Datos horarios de temperatura de la estación Gas Imperial durante el período monitoreado

| Imperial       | HORAS |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|----------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
|                | 1     | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | med  | Min  | Max  |  |
| julio          |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| agosto         |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| septiembre     |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| octubre        |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| noviembre      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| diciembre      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| enero          | 19.3  | 18.7 | 18.3 | 18.0 | 17.6 | 17.3 | 17.3 | 19.7 | 23.2 | 25.3 | 26.7 | 27.6 | 28.4 | 28.8 | 28.9 | 28.2 | 26.7 | 24.6 | 23.2 | 22.3 | 21.7 | 20.9 | 20.3 | 19.7 | 22.6 | 17.3 | 28.9 |  |
| febrero        | 20.7  | 20.2 | 19.6 | 19.0 | 18.5 | 18.3 | 18.2 | 21.1 | 24.2 | 26.1 | 27.5 | 28.8 | 29.7 | 30.3 | 30.3 | 29.4 | 27.8 | 25.8 | 24.4 | 23.5 | 23.0 | 22.3 | 21.9 | 21.3 | 23.8 | 18.2 | 30.3 |  |
| marzo          | 22.0  | 21.5 | 21.0 | 20.7 | 20.5 | 20.2 | 21.0 | 23.4 | 25.7 | 27.4 | 29.0 | 30.1 | 30.9 | 31.6 | 31.4 | 30.1 | 28.8 | 27.0 | 25.2 | 24.7 | 24.1 | 23.7 | 23.4 | 22.8 | 25.3 | 20.2 | 31.6 |  |
| abril          | 23.0  | 22.5 | 22.0 | 21.5 | 21.3 | 21.2 | 22.8 | 25.4 | 27.3 | 29.1 | 30.5 | 31.8 | 32.7 | 33.3 | 32.7 | 31.7 | 30.4 | 28.7 | 27.2 | 26.3 | 25.6 | 24.9 | 24.2 | 23.7 | 26.7 | 21.2 | 33.3 |  |
| mayo           | 24.2  | 23.9 | 23.5 | 23.1 | 22.8 | 22.8 | 24.7 | 27.1 | 28.9 | 30.6 | 32.1 | 33.2 | 34.2 | 34.0 | 33.1 | 31.2 | 29.5 | 28.3 | 27.1 | 26.6 | 26.2 | 25.6 | 25.1 | 24.5 | 27.6 | 22.8 | 34.2 |  |
| junio          | 24.4  | 24.2 | 24.0 | 23.9 | 23.8 | 24.1 | 25.6 | 27.4 | 28.8 | 30.0 | 31.2 | 32.0 | 32.4 | 31.6 | 30.8 | 29.7 | 28.9 | 28.0 | 27.1 | 26.3 | 25.8 | 25.4 | 25.0 | 24.7 | 27.3 | 23.8 | 32.4 |  |
| Máxima         | 24.2  | 23.9 | 23.5 | 23.1 | 22.8 | 22.8 | 24.7 | 27.1 | 28.9 | 30.6 | 32.1 | 33.2 | 34.2 | 34.0 | 33.1 | 31.7 | 30.4 | 28.7 | 27.2 | 26.6 | 26.2 | 25.6 | 25.1 | 24.5 | 27.6 | 22.8 | 34.2 |  |
| Mínima         | 19.3  | 18.7 | 18.3 | 18.0 | 17.6 | 17.3 | 17.3 | 19.7 | 23.2 | 25.3 | 26.7 | 27.6 | 28.4 | 28.8 | 28.9 | 28.2 | 26.7 | 24.6 | 23.2 | 22.3 | 21.7 | 20.9 | 20.3 | 19.7 | 22.6 | 17.3 | 28.9 |  |
| Rango          | 4.9   | 5.2  | 5.2  | 5.1  | 5.2  | 5.5  | 7.4  | 7.4  | 5.7  | 5.3  | 5.4  | 5.6  | 5.8  | 5.2  | 4.2  | 3.5  | 3.7  | 4.1  | 4.0  | 4.3  | 4.5  | 4.7  | 4.8  | 4.8  | 5.0  | 5.5  | 5.3  |  |
| Media          | 21.8  | 21.4 | 20.9 | 20.5 | 20.1 | 20.0 | 20.8 | 23.3 | 25.9 | 27.7 | 29.2 | 30.3 | 31.2 | 31.6 | 31.3 | 30.1 | 28.6 | 26.9 | 25.4 | 24.7 | 24.1 | 23.5 | 23.0 | 22.4 | 25.2 | 19.9 | 31.7 |  |
| Mediana        | 22.0  | 21.5 | 21.0 | 20.7 | 20.5 | 20.2 | 21.0 | 23.4 | 25.7 | 27.4 | 29.0 | 30.1 | 30.9 | 31.6 | 31.4 | 30.1 | 28.8 | 27.0 | 25.2 | 24.7 | 24.1 | 23.7 | 23.4 | 22.8 | 25.3 | 20.2 | 31.6 |  |
| Desv. estándar | 1.73  | 1.79 | 1.80 | 1.82 | 1.88 | 1.97 | 2.76 | 2.70 | 2.07 | 1.94 | 1.96 | 2.03 | 2.06 | 1.92 | 1.54 | 1.26 | 1.29 | 1.53 | 1.55 | 1.63 | 1.65 | 1.72 | 1.71 | 1.73 | 1.81 | 1.99 | 1.92 |  |



TABLA 24s. Datos horarios de temperatura de la estación La Ceiba durante el período monitoreado

| La Ceiba       | HORAS |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
|----------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
|                | 1     | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | med  | Min  | Max  |  |  |
| julio          | 23.7  | 23.4 | 22.9 | 22.5 | 22.0 | 21.9 | 22.0 | 24.0 | 27.8 | 29.6 | 30.9 | 32.0 | 32.9 | 32.6 | 32.1 | 31.3 | 29.7 | 28.7 | 27.3 | 26.4 | 25.6 | 24.9 | 24.6 | 24.1 | 26.8 | 21.9 | 32.9 |  |  |
| agosto         | 24.3  | 24.0 | 23.5 | 23.2 | 22.8 | 22.5 | 22.5 | 24.4 | 27.9 | 30.1 | 31.3 | 32.2 | 33.6 | 34.1 | 33.1 | 31.5 | 30.4 | 29.2 | 27.6 | 26.1 | 25.3 | 24.8 | 24.6 | 24.4 | 27.2 | 22.5 | 34.1 |  |  |
| septiembre     | 23.9  | 23.7 | 23.3 | 23.0 | 22.7 | 22.5 | 22.2 | 23.9 | 27.0 | 29.2 | 30.6 | 31.4 | 32.4 | 31.8 | 30.9 | 30.7 | 30.1 | 28.6 | 27.3 | 26.0 | 25.3 | 24.9 | 24.5 | 24.1 | 26.7 | 22.2 | 32.4 |  |  |
| octubre        | 23.4  | 23.1 | 22.6 | 22.1 | 22.0 | 21.7 | 21.7 | 23.3 | 26.2 | 28.0 | 29.2 | 29.9 | 30.6 | 31.0 | 30.6 | 29.7 | 28.8 | 27.7 | 26.1 | 25.2 | 24.6 | 24.3 | 23.9 | 23.6 | 25.8 | 21.7 | 31.0 |  |  |
| noviembre      | 21.0  | 20.6 | 20.2 | 20.0 | 19.6 | 19.4 | 19.6 | 21.1 | 24.2 | 26.9 | 28.3 | 29.5 | 30.3 | 30.1 | 29.9 | 29.1 | 27.7 | 25.8 | 24.4 | 23.6 | 23.2 | 22.6 | 22.1 | 21.5 | 24.2 | 19.4 | 30.3 |  |  |
| diciembre      | 19.1  | 18.4 | 18.1 | 17.8 | 17.7 | 17.5 | 17.7 | 20.5 | 24.1 | 25.8 | 27.1 | 28.0 | 28.1 | 28.0 | 27.1 | 26.1 | 24.5 | 23.0 | 21.9 | 21.1 | 20.9 | 20.5 | 20.0 | 19.3 | 22.2 | 17.5 | 28.1 |  |  |
| enero          | 18.5  | 17.8 | 17.3 | 16.8 | 16.5 | 16.2 | 16.2 | 19.0 | 23.6 | 25.5 | 26.9 | 27.8 | 28.5 | 28.7 | 28.5 | 27.4 | 25.6 | 23.5 | 22.2 | 21.4 | 20.8 | 20.1 | 19.5 | 19.0 | 22.0 | 16.2 | 28.7 |  |  |
| febrero        | 20.4  | 19.7 | 18.9 | 18.2 | 17.6 | 17.2 | 17.7 | 21.2 | 24.8 | 26.5 | 28.1 | 29.2 | 30.2 | 30.3 | 29.8 | 28.6 | 26.8 | 24.5 | 23.3 | 22.8 | 22.3 | 22.0 | 21.4 | 20.7 | 23.4 | 17.2 | 30.3 |  |  |
| marzo          | 21.0  | 20.5 | 20.1 | 19.9 | 19.5 | 19.3 | 20.2 | 23.7 | 26.1 | 27.5 | 29.5 | 30.5 | 31.3 | 31.5 | 30.8 | 29.5 | 27.4 | 25.5 | 24.1 | 23.5 | 23.2 | 22.8 | 22.5 | 22.0 | 24.7 | 19.3 | 31.5 |  |  |
| abril          | 21.8  | 21.4 | 20.7 | 20.3 | 19.9 | 19.9 | 22.4 | 25.9 | 28.0 | 29.7 | 30.9 | 32.2 | 33.0 | 32.9 | 32.4 | 31.1 | 29.2 | 27.4 | 26.1 | 25.2 | 24.7 | 23.9 | 23.0 | 22.5 | 26.0 | 19.9 | 33.0 |  |  |
| mayo           | 23.7  | 23.2 | 22.8 | 22.4 | 22.3 | 22.3 | 24.7 | 27.5 | 29.1 | 31.2 | 32.4 | 33.6 | 33.8 | 33.6 | 32.6 | 31.2 | 29.2 | 27.7 | 26.5 | 25.9 | 25.4 | 25.0 | 24.6 | 24.2 | 27.3 | 22.3 | 33.8 |  |  |
| junio          | 24.0  | 23.8 | 23.7 | 23.6 | 23.3 | 23.6 | 25.7 | 28.1 | 29.5 | 31.0 | 31.8 | 32.6 | 32.5 | 31.8 | 30.8 | 29.6 | 29.0 | 28.1 | 26.9 | 26.2 | 25.5 | 25.1 | 24.7 | 24.4 | 27.3 | 23.3 | 32.6 |  |  |
| Máxima         | 24.3  | 24.0 | 23.7 | 23.6 | 23.3 | 23.6 | 25.7 | 28.1 | 29.5 | 31.2 | 32.4 | 33.6 | 33.8 | 34.1 | 33.1 | 31.5 | 30.4 | 29.2 | 27.6 | 26.4 | 25.6 | 25.1 | 24.7 | 24.4 | 27.3 | 22.3 | 33.8 |  |  |
| Mínima         | 18.5  | 17.8 | 17.3 | 16.8 | 16.5 | 16.2 | 16.2 | 19.0 | 23.6 | 25.5 | 26.9 | 27.8 | 28.1 | 28.0 | 27.1 | 26.1 | 24.5 | 23.0 | 21.9 | 21.1 | 20.8 | 20.1 | 19.5 | 19.0 | 22.0 | 16.2 | 28.1 |  |  |
| Rango          | 5.8   | 6.2  | 6.4  | 6.8  | 6.8  | 7.4  | 9.5  | 9.1  | 5.9  | 5.7  | 5.5  | 5.8  | 5.7  | 6.1  | 5.9  | 5.4  | 5.9  | 6.2  | 5.7  | 5.3  | 4.8  | 5.0  | 5.2  | 5.4  | 5.3  | 6.1  | 5.7  |  |  |
| Media          | 22.1  | 21.6 | 21.2 | 20.8 | 20.5 | 20.3 | 21.0 | 23.6 | 26.5 | 28.4 | 29.8 | 30.7 | 31.4 | 31.4 | 30.7 | 29.7 | 28.2 | 26.6 | 25.3 | 24.5 | 23.9 | 23.4 | 22.9 | 22.5 | 25.3 | 18.7 | 30.9 |  |  |
| Mediana        | 22.6  | 22.2 | 21.7 | 21.2 | 20.9 | 20.8 | 21.8 | 23.8 | 26.6 | 28.6 | 30.0 | 31.0 | 31.8 | 31.6 | 30.8 | 29.7 | 28.9 | 27.6 | 26.1 | 25.2 | 24.6 | 24.1 | 23.5 | 23.1 | 25.9 | 18.4 | 30.9 |  |  |
| Desv. estándar | 1.96  | 2.11 | 2.15 | 2.22 | 2.24 | 2.34 | 2.74 | 2.64 | 1.92 | 1.90 | 1.76 | 1.80 | 1.83 | 1.77 | 1.66 | 1.60 | 1.75 | 2.02 | 1.96 | 1.82 | 1.72 | 1.70 | 1.79 | 1.91 | 1.88 | 2.03 | 2.09 |  |  |

### **ANEXO 3. TABLAS DE CADA SITIO CON LAS TEMPERATURAS HORARIAS REPRESENTATIVAS DE CADA MES**

Estos datos fueron determinada con base en el monitoreo realizado en esta investigación y en los registros históricos del Observatorio Meteorológico de Mérida, de acuerdo a la explicación presentada en el Capítulo 5.













TABLA 26s. Datos representativos de la estación La Ceiba

| BDA 200: Datos representativos de la estación La Ceiba |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| La Ceiba                                               | HORAS |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                                                        | 1     | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | med  | Min  | Max  |
| julio                                                  | 22.9  | 22.8 | 22.5 | 21.9 | 22.1 | 21.7 | 20.6 | 22.4 | 26.3 | 28.4 | 29.5 | 30.9 | 31.4 | 31.6 | 30.4 | 31.5 | 29.6 | 28.8 | 27.1 | 25.8 | 24.8 | 23.8 | 23.8 | 23.1 | 26.0 | 20.6 | 31.6 |
| agosto                                                 | 23.1  | 22.8 | 22.4 | 22.1 | 21.9 | 21.6 | 20.9 | 22.3 | 25.9 | 28.4 | 30.0 | 31.0 | 32.4 | 32.8 | 31.5 | 30.0 | 29.2 | 28.3 | 27.0 | 25.4 | 24.5 | 23.8 | 23.3 | 23.1 | 26.0 | 20.9 | 32.8 |
| septiembre                                             | 23.0  | 23.0 | 22.6 | 22.6 | 22.4 | 22.2 | 20.7 | 22.1 | 25.3 | 27.7 | 29.7 | 30.6 | 31.6 | 32.6 | 31.7 | 31.1 | 29.7 | 27.8 | 26.4 | 24.9 | 24.2 | 23.9 | 23.5 | 23.1 | 25.9 | 20.7 | 32.6 |
| octubre                                                | 21.6  | 21.3 | 20.9 | 20.3 | 20.4 | 20.2 | 19.8 | 21.9 | 25.4 | 27.5 | 29.2 | 30.0 | 30.6 | 31.2 | 30.8 | 29.6 | 28.3 | 27.1 | 25.2 | 23.9 | 23.4 | 23.2 | 22.7 | 22.1 | 24.9 | 19.8 | 31.2 |
| noviembre                                              | 19.3  | 19.3 | 18.8 | 18.6 | 18.3 | 18.1 | 18.6 | 20.3 | 23.4 | 26.0 | 27.2 | 28.4 | 29.4 | 29.2 | 28.7 | 27.9 | 25.3 | 24.4 | 23.2 | 22.2 | 21.7 | 21.5 | 21.0 | 20.0 | 23.0 | 18.1 | 29.4 |
| diciembre                                              | 18.3  | 18.0 | 18.0 | 17.7 | 17.8 | 17.6 | 17.8 | 19.7 | 23.1 | 25.0 | 26.8 | 27.8 | 27.3 | 27.6 | 26.9 | 26.2 | 24.8 | 23.0 | 21.8 | 20.9 | 20.5 | 20.3 | 19.8 | 18.9 | 21.9 | 17.6 | 27.8 |
| enero                                                  | 16.9  | 16.2 | 16.1 | 15.8 | 15.6 | 15.4 | 15.5 | 17.2 | 21.3 | 23.1 | 25.4 | 25.2 | 26.1 | 26.7 | 26.4 | 25.8 | 24.4 | 22.5 | 21.2 | 20.4 | 19.6 | 19.0 | 18.5 | 17.5 | 20.5 | 15.4 | 26.7 |
| febrero                                                | 19.0  | 18.6 | 18.1 | 17.4 | 16.9 | 16.8 | 17.4 | 19.8 | 23.2 | 24.7 | 26.6 | 27.9 | 28.6 | 28.3 | 28.5 | 27.6 | 26.4 | 24.4 | 23.1 | 22.3 | 21.5 | 21.3 | 20.6 | 19.6 | 22.4 | 16.8 | 28.6 |
| marzo                                                  | 19.9  | 19.5 | 19.0 | 18.9 | 18.6 | 18.5 | 19.2 | 22.3 | 24.8 | 26.6 | 28.5 | 29.9 | 30.3 | 30.6 | 30.7 | 30.0 | 28.2 | 26.2 | 24.8 | 23.7 | 22.9 | 22.4 | 21.9 | 21.1 | 24.1 | 18.5 | 30.7 |
| abril                                                  | 21.2  | 21.0 | 20.4 | 20.1 | 19.8 | 19.6 | 21.5 | 25.0 | 27.4 | 29.1 | 30.6 | 32.5 | 33.2 | 33.0 | 32.6 | 32.2 | 30.1 | 28.3 | 26.9 | 25.5 | 24.7 | 23.8 | 22.7 | 21.8 | 26.0 | 19.6 | 33.2 |
| mayo                                                   | 23.2  | 22.7 | 22.0 | 21.6 | 21.6 | 21.7 | 23.7 | 26.5 | 28.1 | 30.2 | 31.7 | 33.0 | 32.9 | 32.7 | 33.1 | 32.6 | 30.8 | 28.7 | 27.2 | 26.1 | 25.5 | 25.0 | 24.5 | 23.7 | 27.0 | 21.6 | 33.1 |
| junio                                                  | 23.4  | 23.3 | 23.2 | 23.1 | 22.8 | 22.9 | 24.8 | 27.0 | 28.6 | 30.6 | 31.7 | 32.7 | 32.6 | 32.4 | 31.5 | 30.8 | 30.1 | 28.8 | 27.1 | 26.2 | 25.3 | 24.9 | 24.4 | 23.8 | 27.2 | 22.8 | 32.7 |
| Máxima                                                 | 23.4  | 23.3 | 23.2 | 23.1 | 22.8 | 22.9 | 24.8 | 27.0 | 28.6 | 30.6 | 31.7 | 33.0 | 33.2 | 33.0 | 33.1 | 32.6 | 30.8 | 28.8 | 27.2 | 26.2 | 25.5 | 25.0 | 24.5 | 23.8 | 27.2 | 21.6 | 33.2 |
| Mínima                                                 | 16.9  | 16.2 | 16.1 | 15.8 | 15.6 | 15.4 | 15.5 | 17.2 | 21.3 | 23.1 | 25.4 | 25.2 | 26.1 | 26.7 | 26.4 | 25.8 | 24.4 | 22.5 | 21.2 | 20.4 | 19.6 | 19.0 | 18.5 | 17.5 | 20.5 | 15.4 | 26.7 |
| Rango                                                  | 6.5   | 7.1  | 7.1  | 7.3  | 7.2  | 7.5  | 9.3  | 9.8  | 7.3  | 7.5  | 6.3  | 7.8  | 7.1  | 6.3  | 6.7  | 6.8  | 6.4  | 6.3  | 6.0  | 5.8  | 5.9  | 6.0  | 6.0  | 6.3  | 6.7  | 6.2  | 6.5  |
| Media                                                  | 21.0  | 20.7 | 20.3 | 20.0 | 19.8 | 19.7 | 20.0 | 22.2 | 25.2 | 27.3 | 28.9 | 30.0 | 30.5 | 30.7 | 30.2 | 29.6 | 28.1 | 26.5 | 25.1 | 23.9 | 23.2 | 22.7 | 22.2 | 21.5 | 24.6 | 18.3 | 30.0 |
| Mediana                                                | 21.4  | 21.2 | 20.6 | 20.2 | 20.1 | 19.9 | 20.2 | 22.2 | 25.4 | 27.6 | 29.3 | 30.3 | 31.0 | 31.4 | 30.8 | 30.0 | 28.8 | 27.5 | 25.8 | 24.4 | 23.8 | 23.5 | 22.7 | 22.0 | 25.4 | 18.1 | 29.7 |
| Desv. estándar                                         | 2.14  | 2.25 | 2.20 | 2.22 | 2.30 | 2.29 | 2.49 | 2.75 | 2.11 | 2.17 | 1.95 | 2.23 | 2.18 | 2.14 | 2.06 | 2.17 | 2.18 | 2.26 | 2.14 | 1.95 | 1.89 | 1.79 | 1.82 | 1.98 | 2.08 | 1.99 | 2.53 |