



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Filosofía y Letras

Colegio de Geografía

Tesis

INFLUENCIA DEL BOSQUE DE CHAPULTEPEC EN EL CLIMA URBANO DE  
LA CIUDAD DE MÉXICO

Presenta

*Mario Casasola Montañez*

*Director de Tesis: Dr. Ernesto Jáuregui Ostos*



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

## ***Agradecimientos***

-Agradezco al Dr. *Ernesto Jáuregui* por todo su apoyo y paciencia para la realización de este trabajo.

-A los revisores por sus comentarios y sugerencias:

Dra. Amparo Martínez

Dra. Rosalía Vidal

Dra. María Engracia Hernández

-Por supuesto a Elda Luyando por su amistad, ayuda y tiempo dedicado.

-A Alfonso Estrada por su colaboración en la elaboración de algunas figuras presentadas en este trabajo.



## *Reconocimiento*

-A mis padres por todo lo que me han dado.

-A mis hermanos.

-A mi familia.

-A mis amigos por los años de convivencia juntos, ya saben uds. quienes son.

-Sra. Paz donde quiera que se encuentre.

*Son una sola las raíces de las estrellas  
Y las raíces de los árboles.*

*Cuando cae una árbol,  
cae una estrella.*

*Poema lacandón*



## ÍNDICE

**Introducción.....1**

### **Capítulo 1**

#### **Las áreas verdes de la Ciudad de México**

1.1 Los bosques urbanos.....14

1.2 Aspectos históricos de las áreas verdes de la Ciudad de México.....16

1.3 Las áreas verdes de la Ciudad de México.....23

1.4 Características de la vegetación del Bosque de Chapultepec.....37

1.5 Especies vegetales del Bosque de Chapultepec.....40

1.6 Breve historia del Bosque de Chapultepec.....44

### **Capítulo 2**

#### **Climatología del Observatorio del Bosque de Chapultepec**

2.1 Análisis climáticos del Bosque de Chapultepec en el periodo de 1931-87.....53

2.2 La temperatura.....57

2.3	Tendencia de la precipitación en Chapultepec.....	63
2.4	La humedad relativa en el Bosque de Chapultepec.....	65
2.5	¿Por que el aire del bosque es más fresco?.....	71

### **Capitulo 3**

#### **El microclima del bosque de Chapultepec**

3.1	¿Ha sido afectado el microclima del Bosque de Chapultepec con la creciente influencia de la "Isla de Calor" de la ciudad de México?.....	73
3.2	Observaciones recientes del microclima del Bosque de Chapultepec.....	76
3.3	La humedad especifica.....	86

<b>Colusiones</b> .....	92
-------------------------	----

<b>Referencias</b> .....	95
--------------------------	----

## INTRODUCCIÓN

Los parques urbanos que existen dentro de las grandes ciudades del mundo son restos de antiguos bosques como en el centro de Europa o bien fueron creados artificialmente como sucedió en la ciudad de México.

Un bosque urbano generalmente es un conjunto de árboles de varias o de una sola especie que por lo general ocupan un área pequeña dentro de las ciudades. El crecimiento acelerado de las ciudades a escala mundial (más marcado en países subdesarrollados), ha provocado que estas áreas verdes se reduzcan drásticamente por la explosión demográfica en las últimas décadas, lo cual ha ocasionado una reducción de espacios verdes debido a la creciente urbanización y a la demanda de viviendas para la población en constante crecimiento. Los parques urbanos han quedado en segundo término sin tener en cuenta los beneficios que proporcionan al medio ambiente urbano, como ocurre en la Ciudad de México donde la demanda creciente de vivienda ha provocado que ciertas áreas verdes se hayan visto amenazadas por la urbanización, como es el caso del bosque de Chapultepec, El Ajusco, Reserva ecológica del Pedregal, y otras áreas de la ciudad.

## **Planteamiento**

El bosque o parque urbano cumple con varias funciones en el ámbito de la ciudad, por un lado son áreas de esparcimiento y entretenimiento de la población, y por otro cumplen con la función bioclimática de filtrar y mejorar la calidad del aire, además de atenuar o mitigar el impacto del aumento de la temperatura por efecto de la urbanización conocido como la "Isla de calor".

En el presente trabajo se examinan los diversos efectos benéficos de los bosques urbanos en la Ciudad de México.



## **Justificación**

Los parques urbanos que existen dentro de las ciudades son de gran importancia para el bioclima, como lo es en el caso de la Ciudad de México, pues sirven como sumideros de calor, de filtros naturales de algunos contaminantes atmosféricos como el CO<sub>2</sub> (bióxido de carbono), NO<sub>2</sub> (bióxido de nitrógeno), SO<sub>2</sub> (bióxido de azufre), O<sub>3</sub> ozono y PST (partículas totales suspendidas).

## **Hipótesis**

Comprobar la influencia de los bosques urbanos como atenuadores de la isla de calor en la ciudad de México.

## **Objetivos Generales**

El objetivo principal de este trabajo es el de conocer la influencia que tienen los parques urbanos como reguladores térmicos del ambiente atmosférico de la Ciudad de México.

- A) Estimar la influencia del Bosque de Chapultepec en el entorno urbano.
- B) Determinar la importancia de los bosques urbanos de la Ciudad de México como componente principal del bioclima urbano.

## **Marco de referencia**

Los estudios de climatología urbana tienen su inicio durante el siglo XIX en Londres donde Luke Howard en 1833, descubre la evidencia de la influencia de la ciudad en la temperatura, comprobando que dentro de la ciudad es más elevada que fuera de ella, demostrando así el fenómeno de la "Isla de Calor". Otros estudios de climatología urbana se realizan durante la mitad del siglo XX, donde Chandler en 1962 comprueba la extensión e intensidad de la "Isla de calor" también en Londres, haciendo un mapa de temperaturas mínimas el 14 de mayo de 1959.

En la década de los años ochenta, el Dr. Tim Oke hace un estudio morfológico de las ciudades tomando en cuenta el tamaño, la geografía, el uso del suelo, y la población, señalando la relación existente entre el tamaño de las ciudades y la intensidad de la isla de calor: entre mayor sea el crecimiento de la población (y por lo tanto de las ciudades) mayor será el contraste de la temperatura del aire dentro y fuera de la ciudad.

Estos estudios dan la pauta para demostrar la influencia benéfica de los bosques urbanos como atenuadores del calor en las ciudades, como ejemplo, en 1961 Frederich estudia el efecto de un área arbolada y la intensidad del viento, donde éste a su paso por el follaje causa una fricción, reduciendo

su velocidad, lo cual es muy importante para disminuir los efectos de las tolvaneras como las que se presentan en la ciudad de México en los meses de la época seca del año, principalmente de febrero a abril.

Otros estudios de los bosques urbanos están orientados a la disminución de contaminantes atmosféricos por efecto del filtro que constituyen los árboles como los estudios realizados por Wainwrigth y Wilson en 1962 que midieron las concentraciones de SO<sub>2</sub> en un parque de Londres, comprobando que estas concentraciones de bióxido de azufre disminuyen en el interior del parque urbano y son mayores fuera de él.

En la ciudad de México algunos de los estudios de climatología urbana y la relación con los bosques urbanos han sido realizados por el Dr. Ernesto Jáuregui, quien en 1975 publica los resultados de una investigación acerca de la influencia del Bosque de Chapultepec sobre el bioclima de la ciudad demostrando, al igual que sus antecesores, la influencia que tiene el bosque urbano como regulador térmico, filtro natural de algunos contaminantes atmosféricos y de polvos, espacial y temporalmente.

Existen otros estudios realizados en ciudades del mundo donde se ha evaluado el papel que juegan las áreas verdes con respecto al clima. Oke (1989) resume algunas conclusiones a las que llegaron otros investigadores afirmando que la presencia de árboles es responsable de algunos efectos

climáticos y meteorológicos en todas las escalas de la ciudad.

Otro estudio evaluador del potencial que tienen los árboles para reducir la cantidad de energía necesaria para enfriar el interior de edificios en climas cálidos, son los experimentos realizados por Taha, H. Akbari y A. Rosenfeld (1991), donde miden las temperatura del bulbo húmedo, del punto de rocío, la velocidad y dirección del viento, dentro y alrededor de una "bóveda" o "dosel" de vegetación en un lugar llamado Davis, California, Estados Unidos. Ese mismo trabajo hace referencia a Akbari, et al (1986) Huang, et al (1987) Taha, et al (1988) quienes plantean la creación de oasis, zonas arboladas o cinturones de vegetación que reduzcan la temperatura del aire urbano, ya que el ahorro puede ser hasta 50% en energía para enfriar y un 30% en las horas de más demanda de consumo de energía de los sistemas de enfriamiento de los edificios y casas.

Más recientemente, T. Honjo et al (2003) muestra los resultados obtenidos a partir de experimentos realizados en un parque central en Tokio (Shinjuku, Gyoen), confirmando la presencia de una "isla fría" en el parque y del aire fresco que fluye hacia zonas urbanas adyacentes, fenómeno al cual se refiere como la "brisa del parque." Revela en este trabajo que la intensidad intermitente del flujo gravitacional divergente del aire fresco del área verde fue en forma de pulsos, mientras que la brisa del parque resultó un grado

centígrado más fresca que el entorno construido (hasta una distancia de 80 metros).

Por otra parte, Potchem et al (2003) encontraron que la rapidez de calentamiento del aire del parque durante el día está en función de la morfología del bosque urbano (altura de los árboles, tipo de fronda y densidad). Si el parque es de arbolado alto y frondoso el enfriamiento es mayor durante las horas de calor. Los parques en que predomina el pasto con algunos arbustos, según estos autores, no resultó refrescante sino más tibio que el entorno.

La densidad del arbolado en el Bosque de Chapultepec varía de un lugar a otro, es muy denso en la primera sección donde los árboles son altos y de amplia fronda. Ahí se observa el mayor efecto de frescura durante las horas del medio día. En las otras secciones del bosque, el arbolado es menos denso constituido por árboles altos pero de escasa fronda (predominando eucaliptos).

Cabe señalar también los estudios que se han hecho en los últimos años sobre balance energético en bosques urbanos de la ciudad de México con la finalidad de demostrar la importancia sobre el entorno bioclimático de la ciudad de México.

Los árboles y en general las áreas verdes de la ciudad modifican favorablemente el ambiente urbanizado.

Es sabido que el proceso de evapotranspiración de las plantas requiere de energía que es tomada del entorno atmosférico.

Para evaluar qué porcentaje de la energía neta del sol que llega a un bosque es consumida por éste se plantea la ecuación de energía en un medio urbanizado que usualmente contiene áreas verdes, según Oke (1988):

$$Q^* + Q_F = Q_H + Q_E + \Delta Q_S \quad (W/m^2) \quad (1) \text{ Donde:}$$

$Q^*$  Flujo de energía solar neta de todas las longitudes de onda (incidente que llegan las superficies urbanas menos la reflejada en  $(W/m^2)$ ).

$Q_F$  Flujo de calor antropogénico  $(W/m^2)$  es decir, el calor generado por los vehículos y por la actividad industrial.

$Q_H$  Flujo de calor sensible que se gasta en calentar el aire urbano  $(W/m^2)$ .

$\Delta Q_S$  Flujo neto de energía almacenado en las superficies urbanas (incluyendo la vegetación)  $(W/m^2)$ .

$Q_E$  Calor latente de evaporación.

Las mediciones de balance de energía se realizaron con una instrumentación sofisticada y de gran precisión (montada en una torre de 8 metros de altura sobre la azotea en uno de los edificios al sur de la preparatoria No. 7) los términos de  $Q^*$ ,  $Q_E$  y  $Q_H$ . Pues el flujo de calor almacenado (el término  $\Delta Q_S$ ) se estima como residuo de la ecuación de balance (ecuación 1). Para el caso de mediciones en sitios urbanos es imposible de realizar la medición en la loza de la azotea. Lo mismo

ocurre con el término  $Q_F$  que por ser relativamente pequeño y difícil de evaluar se incluye en el término residual  $\Delta Q_S$ .

En la última década del siglo XX se realizaron mediciones de balance energético en la ciudad de México que incluyen sitios vegetados. De este modo se ha podido destacar la forma de la repartición de la energía ( $W/m^2$ ) y después en la forma más simple por medio de los porcentajes de repartición de la energía disponible para así poder hacer comparaciones.

En este trabajo las observaciones de balance energético en parques o áreas verdes suburbanas/rurales se efectuaron durante la época de lluvias aunque en días casi despejados en la reserva ecológica de la Universidad Nacional (UNAM) cerca del Instituto de Biología, otro experimento más se realizó en la reserva ecológica de Plan Texcoco al oriente del aeropuerto. las mediciones en este último sitio fueron hechas en temporada de secas.



Tabla 1 Resumen de observaciones de balance energético para un periodo diurno es decir cuando el sol está arriba del horizonte. (Tomada de Tejeda y Jáuregui, 2000).

	Tacubaya, 1985 (urbano)	Escuela de Minería, 1-7 Dic. 1993 (urbano)	Texcoco, 24-31 Agosto 1994 (rural)	Reserva Ecológica UNAM, Jun. 28-Jul. 3, 1995 (vegetado o suburban o.)	Tucson rural Mayo. 18-Jun. 8, 1990 <sup>+</sup>	Tucson suburbano (Idem)*	Preparatoria No.7 1-14 Dic. 1998 (urbano)
Q*		267	392.6	169.8	287.1	379.1	161.9
Qh		95.7	48.5	46.9	176.2	96.7	79.3
Qe		11.1	320.3	118.8	11.9	85.3	20.8
Qs		160.5	23.8	4.1	99.0	197.1	61.8
$\beta$	1.12 (1.50)	8.5 (1.50)	0.15 (0.50)	0.40 (1.00)	14.7 (0.50)	1.13 (1.00)	3.89 (1.50)
Qh/Q*	0.34 (0.44)	0.358 (0.44)	0.13 (0.28)	0.27 (0.39)	0.61 (0.28)	0.26 (0.39)	0.511 (0.44)
Qs/Q*	0.36 (0.27)	0.600 (0.27)	0.11 (0.15)	0.03 (0.22)	0.35 (0.15)	0.52 (0.22)	0.484 (0.27)
Qe/Q*	0.30 (0.29)	0.042 (0.29)	0.76 (0.57)	0.70 (0.39)	0.04 (0.57)	0.22 (0.39)	0.005 (0.29)

<sup>+</sup> Grimmond (1991).

En la Tabla 1 se advierte que en sitios vegetados (Plan Texcoco y Universidad) se registró un porcentaje muy elevado para la evaporación del suelo vegetado; 76% en Plan Texcoco y 70% en la Universidad. En cuanto a la energía utilizada para calentar el aire ( $Q_H$ ) los porcentajes fueron menores, 13% y 27% respectivamente. Esto significa que en dichas áreas vegetadas queda (como es de esperarse) poca energía disponible para calentar el aire. Lo mismo sucede con la energía almacenada en el suelo, la que en ambos sitios se

pudo medir instrumentalmente (de 11% y 3%) respectivamente (Tejeda y Jáuregui 2000).

En la misma Tabla aparecen los valores porcentuales correspondientes a observaciones de balance energético en sitios densamente urbanizados: Observatorio de Tacubaya, Palacio de Minería y Preparatoria No.7. Los tres sitios se caracterizan por registrar un alto porcentaje de energía almacenada: 36% en Tacubaya, 60% en Minería, y 48% en la Preparatoria 7 y dada la escasez de vegetación en el entorno de los tres lugares altamente urbanizados, la energía disponible para la evaporación es proporcionalmente baja: 30% en Tacubaya, 4% en el Palacio de Minería y menos de 1% en la Preparatoria No. 7. Los resultados de la Tabla 1 resaltan claramente el papel modificador del ambiente urbano que tienen los parques y bosques de la localidad.

Estos antecedentes sirven como punto de partida para esta investigación sobre los parques urbanos y la influencia que tienen en el microclima de la Ciudad de México y, por supuesto, el beneficio que significa.

## **Metodología**

Para realizar este trabajo de investigación se realizaron recorridos en un vehículo instrumentado de motor trasero, el cual se equipó con 2 termómetros uno de bulbo seco y el otro de bulbo húmedo, con la finalidad de registrar las temperaturas y medir el contraste térmico dentro y fuera del bosque de Chapultepec y ver el área de influencia del mismo. Además se utilizó un anemómetro manual para medir la velocidad del viento en el área de estudio.

En cada punto de muestreo se tomaron lecturas de las temperaturas y velocidad de viento cuyos datos se iban registrando en una libreta para su posterior procesamiento en el ordenador.

Con los datos se hicieron mapas de distribución de temperaturas para ver la diferencia dentro y fuera del bosque. Además se calculó la humedad relativa y la humedad específica y se realizaron mapas de distribución espacial. Los resultados se compararon con los obtenidos por el Dr. Ernesto Jáuregui en 1970 quien realizó mediciones de temperatura y humedad relativa en el bosque de Chapultepec.

Se analizaron series históricas de temperatura, máxima, mínima y precipitación total del Observatorio del Jardín Botánico de Chapultepec el cual se encontraba en lo que ahora es el museo de Arte Moderno.(ver figura 2.2)

## **CAPITULO 1. Las áreas verdes en la Ciudad de México.**

### **1.1 Bosques Urbanos**

El bosque urbano, a través del proceso de la fotosíntesis, contribuye al mejoramiento de la calidad del aire de las ciudades. Cada día una hectárea arbolada produce el oxígeno suficiente para 52 personas, en un año los árboles absorben 2500 m<sup>2</sup> del bióxido de carbono que produce un auto al recorrer 18 000 km. Un árbol saludable puede almacenar en promedio 3.5 kg. de carbono cada año y el equivalente por hectárea arbolada es de 5.6 toneladas (Departamento de Agricultura de los EE.UU., 1993).

La presencia de árboles disminuye el efecto de la "isla de calor urbana" debido a la sombra y a la evaporación que genera. Al absorber el bióxido de carbono y al atrapar otros contaminantes atmosféricos reduce el efecto invernadero ya que fungen como acondicionadores naturales que pueden disminuir hasta un 30% de la cantidad de combustibles fósiles que se queman para producir electricidad (Martínez y Chacalo, 1994).

El gran potencial de un árbol como elemento arquitectónico puede ser utilizado para brindar calidad a los espacios

abiertos, que por su altura y volumen permite dividir y jerarquizar el espacio, logrando crear una imagen y estructura urbana, además de ser un elemento dinámico que se transforma continuamente, hay cambio a través de las estaciones cuando aparecen las flores al cambiar la tonalidad del follaje o cuando éste se pierde (Martínez y Chacalo, 1994) implicando esto modificaciones en la texturas, densidades del follaje que transforman el paisaje del mismo lugar.

Las áreas verdes de la ciudad de México se clasifican de acuerdo a la extensión, permanencia y uso en parques, jardines, glorietas, camellones, espacios abiertos con pasto, terrenos baldíos y jardines privados. Además, los árboles sirven como barreras rompeviento ya que reducen la velocidad del viento en áreas abiertas que se encuentran fuera de la ciudad, las más afectadas por las tolvaneras que se presentan durante los meses de febrero a abril. (Martínez y Chacalo, 1994).

## **1.2 Aspectos históricos de las áreas verdes en la ciudad de México**

El árbol en la cultura prehispánica, al igual que otros elementos de la naturaleza, fue considerado como un ser animado de carácter sagrado. Por sus características peculiares representó la vida, el tiempo y la eternidad con sus ritmos estacionarios y su regeneración. Para los aztecas el árbol era metáfora de soberanía; se hacía referencia al soberano como el gran "Pochotl", el ahuehuatl que quiere decir "viejo del agua". Otro árbol importante es el ahuejote, gracias él se transformó la fisonomía del paisaje a través de la construcción de las chinampas, especie de jardines flotantes donde las raíces del ahuejote permitieron unir firmemente la tierra y hacerla altamente productiva para el cultivo de flores y hortalizas. (Chacalo y Martínez,1994).

Durante la época colonial, la vegetación nativa perdió importancia sagrada y pasó a ser un recurso comercial, los densos bosques de pino y encino del sur poniente de la cuenca de México fueron importantes para el abastecimiento de madera y carbón para la ciudad. Los árboles más preciados fueron los

rutales: manzanos, perales, duraznos, tejocote, el olivo, entre otros. (Chacalo y Martínez,1994).

El Barón de Humboldt escribió durante su visita a la Nueva España en 1803:"Se asoma uno por cualquiera de las torres de la Catedral de México por lo alto de la colina de Chapultepec, todo su alrededor de esta colina se descubre en la más frondosa vegetación". Antiguos troncos de ahuehuetes de más de 16 metros de circunferencia levantan sus copas sin hojas por encima de los schimes que en porte se parecen a los sauces llorones del oriente. Por todas partes conducen a la capital grandes calles de olmos y álamos blancos en las faldas de las montañas del Tepeyac, en las quebradas a cuyo abrigo se sembraron dactilares y yucas arbóreas. Al sur San Ángel, Tacubaya y San Agustín de las cuevas, Tlalpan parece un inmenso jardín de naranjos, abridores, manzanos y otros árboles frutales". (Chacalo y Martínez,1994).

La desecación de los cinco lagos de la cuenca de México dejó una imagen gris y polvorienta de la ciudad. Para finales del siglo XVI se creó la Alameda, un paseo para brindar belleza a la ciudad, el nombre le fue dado por los numerosos álamos que fueron plantados en su inicio. En contraste, los ahuehuetes que crecían a las orillas del Bosque de Chapultepec fueron derrumbados pues decían que ensuciaban el agua. En 1778 cuando



el Virrey de Bucareli trajo el concepto de la *avenida* concebida como un paseo, y construye el que hoy lleva su nombre, se introdujeron árboles para marcar el trazo y a su vez crear zonas de sombra y frescura para los paseantes. Ejemplos de este tipo de paseos son la calzada de la Piedad y el Paseo de la Viga. Durante la intervención francesa, el emperador Maximiliano ordenó el trazo de la avenida del Imperio hoy conocida como *Paseo de la Reforma*, (Fig. 1.1), su construcción se basó en los nuevos conceptos urbanísticos europeos que tendían al establecimiento de vías muy amplias como las de París. En esta avenida se reforzó el trazo con fresnos alineados en varias hileras de ambos lados de la vía.



Figura 1.1. Paseo de la Reforma, 1883. (Fuente: Briquet, A. Fundación Televisa).

Las áreas verdes tomaron importancia por primera vez desde el punto de vista ambiental hacia principios del siglo XX, en los Congresos internacionales de Higiene y Urbanismo celebrados en el año de 1900 en París, Francia, y después en otro celebrado en Berlín en 1907, donde se tomó en consideración la importancia de las áreas verdes como parte del desarrollo urbano. Fue entonces que se propuso un 15% con vegetación

permanente y densa del total de área urbanizada o por urbanizar. (Chacalo y Martínez,1994).

Esta resolución fue promovida en México durante 1901-1940, así se impulsó la creación de 34 jardines en plazas además de un reglamento para destinar el 10% de áreas verdes en las nuevas colonias. En 1908 se crearon la Escuela de Enseñanza Forestal, los viveros de Coyoacán, el Arboretun de Panzacola, estos últimos de gran importancia ya que ahí se producían 400 especies de árboles diferentes destinados para la reforestación, alineación y ornato. En este periodo se concibió el primer plan maestro de áreas verdes para la ciudad de México que incluía además, parques y jardines. (Martínez y Chacalo, 1994)(Fig. 1.2).



Figura 1.2. Paseo de la Reforma 1910. (Fuente: Briquet, A. Fundación Televisa).

En la actualidad, para la población que vive en la ciudad de México, los parques urbanos son insuficientes y han disminuido en su extensión además de que su grado de conservación es mínimo (Chacalo y Martínez, 1994), Escurra (1990) reporta que las áreas verdes han disminuído en forma dramática en los últimos treinta años. Mientras en 1953 la ciudad abarcaba el 8% de área total de la cuenca (240 km<sup>2</sup>), en 1980 cubría el 33% de la misma con 980 km<sup>2</sup>. Cabe destacar que la expansión de la mancha urbana ha sido a costa de las áreas verdes suburbanas y las zonas agrícolas que prácticamente han desaparecido. El

Paseo de la Reforma es en la actualidad, de las pocas avenidas con árboles en la ciudad de México. Figura 1.3.



Figura 1.3. Paseo de la Reforma, Ciudad de México. Fuente: [www.imagenesaereasdemexico.com](http://www.imagenesaereasdemexico.com) (2003)

### **1.3 Las áreas verdes en la Ciudad de México.**

La Ciudad de México (figura 1.4) se encuentra ubicada en la región suroccidental de la Cuenca de México y ha visto modificado su entorno natural.

En los lugares que no eran lecho de lagos, la vegetación estaba compuesta por cactus, órganos y candelabros, magueyes y yucas. También había arbustos y árboles diversos como el palo loco, mimosas, espinosas, tepozanes, encinos achaparrados y árboles frutales como los tejocotes y capulines. Estos árboles cubrían el paisaje que en la actualidad dominan especies como el pirul y el eucalipto (Cohen, 2003). La vegetación original ha desaparecido casi en su totalidad y la que se encuentra actualmente está profundamente alterada y degradada por causa de los asentamientos urbanos.

En la ciudad de México es mínimo el espacio destinado a áreas verdes, sus características son muy diferentes por la variedad de su tamaño, es decir, igual se encuentran pequeñas áreas en camellones, que parques de varios kilómetros cuadrados. Además, su distribución es irregular, concentrándose hacia la parte oeste y sur de la ciudad, es casi nula o raquítica al oriente y suroriente, como se muestra en la Figura 1.4.

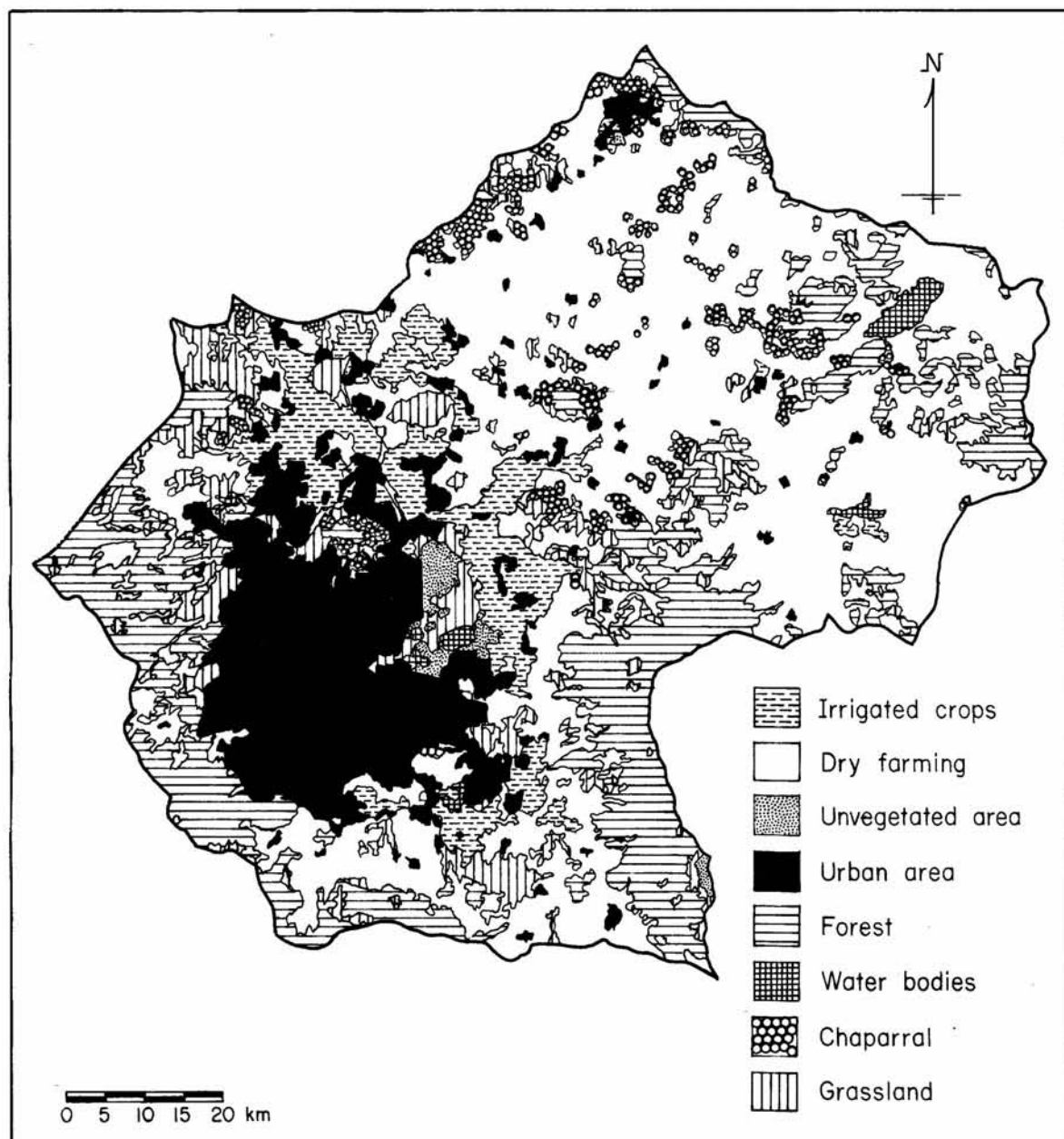


FIG. LAND-USE IN THE BASIN OF MEXICO IN YEAR 2000

Figura 1.4. Uso de suelo en la Cuenca de México en el año 2000.  
Fuente: Jáuregui, 2004.

En el D.F. existen algunas delegaciones políticas con un déficit muy grande de áreas verdes como Azcapotzalco, Alvaro

Obregón, Benito Juárez y Cuauhtemoc, otras como la Miguel Hidalgo y Tlalpan (con los bosques de Chapultepec y Tlalpan, respectivamente) cuentan con bosques de gran tradición lo cual las coloca en un relativo superávit (Barradas y Seres, 1988), el resto de las delegaciones poseen árboles que sobrepasan los 30 años.

Actualmente, algunas de las áreas que se consideran de rescate ecológico están fuertemente amenazadas por la expansión de la zona urbana. Las áreas verdes dentro de la ciudad se pueden clasificar de diferentes maneras, como se observa en la Tabla 1.1, donde se aprecia la variedad de tamaños siendo la de mayor extensión el Bosque de Chapultepec, que ocupa este trabajo, y una cantidad considerable de jardines de pequeña extensión, muchos de ellos menores a una hectárea, como muestra de las áreas verdes que un se conservan en al Ciudad de México en la Figura 1.5. se ve la parte sur de la ciudad (Coyoacán).





Figura 1.5. Áreas verdes en el Distrito Federal. Fuente: [www.imagenesaereasdemexico.com](http://www.imagenesaereasdemexico.com) (2003)

Nava (1988), realizó un inventario del Bosque de Chapultepec enumerando los géneros predominantes, dando a conocer que la

mayoría de los árboles se encuentran enfermos (81.4 %), a punto de morir el 2.7 % y sólo el 4.5% están sanos.

Tabla 1.1. Las áreas verdes de la Ciudad de México Fuente: Guía Roji 2004, (conformada por A. Estrada).

<b>No.</b>	<b>Alamedas</b>	<b>hectáreas</b>
1	Oriente	62.7
2	Poniente	34.2
3	Sur	18.5
4	Norte	10.3
5	Central	8.0
6	Anfora	2.9
7	Sta. María	2.5
8	Tacubaya	1.7
	<b>Bosques</b>	
9	Chapultepec	480.0
10	San Juan de Aragón	325.0
11	Tlalpan	240.0
12	Tlahuac	98.8
13	Nativitas	27.1
14	San Luis Tlaxialtemalco	3.5
	<b>Jardines</b>	

15	Periodistas Ilustres	11.0
16	Chiapas	9.1
17	De la Bombilla	7.0
18	Ramón López Velarde	7.0
19	Daniel Cosío Villegas	3.6
20	Sto. Fep. Xicotencatl	2.3
21	Artes Gráficas	2.0
22	Esparza Oteo	1.9
23	Del Arte I	1.7
24	Cañitas	1.4
25	Pascual Ortiz Rubio	1.4
26	Pashkin	1.5
27	Las Naciones	1.2
28	Dr. Ignacio Chávez	1.1
29	De la convención de Aguascalientes	1.0
30	Juárez - Morelos II	1.6
31	Morelos I	1.0
32	Adolfo López M.	1.0
33	Del Arte II	1.0
34	Lic. Jesús Reyes H.	0.8
35	Manuel C. Rejón	0.8

36	Oaxaca	0.7
37	Hidalgo	0.7
38	Obrero	0.7
39	República de Perú	0.6
40	Mariano Matamoros	0.4
41	Luis Pasteur	0.4
42	Cetenario	0.4
43	Bermúdez	0.4
44	De la Ninfa	0.2
	<b>Parques</b>	
45	Tarango	490.0
46	Naucalli	58.0
47	Cuitlahuac	57.0
48	Jalapa 2000	3.4
49	Tezozomoc	29.0
50	Prados de la Montaña	27.0
51	Fuentes Brotantes	18.5
52	De la Juventud	18.1
53	De los Ciervos	9.5
54	De los Venados	9.5
55	Fco. Gabilondo Soler "Cri Cri"	8.9
56	Luis G. Urbina (Hundido)	8.1

57	Refinería Azcapotzalco	7.2
58	Lira	6.7
59	Sn. Martín	6.8
60	Def. Mestizaje	6.3
61	Lincoln	5.9
62	España	5.3
63	Axomiatla	5.1
64	De las Arboleda	3.6
65	Sargento Pedraza	3.1
66	Jacarandas	3.0
67	Tagle	2.9
68	Sn. Francisco	2.6
69	Las Américas II (Narvarte)	2.4
70	Fortino Serrano	2.2
71	Las Aguilas	2.0
72	Sn. Lorenzo	2.0
73	América	1.9
74	Hidalgo	1.9
75	Las Américas I (Los Remedios)	1.9
76	Salesiano	1.9
77	Solidaridad Ajusco	1.8
78	Dos Conejos	1.6

79	Carpatos	1.6
80	De acacias	1.4
81	Miguel Alemán	1.3
82	Hormiga	1.2
83	Revolución	1.1
84	Del Seguro Social	1.0
85	De la China	1.0
86	Ceylan	1.0
87	Allende	0.9
88	Teresa	0.8
89	Gpe. Victoria	0.8
90	Ma. Luisa	0.8
91	Jaime Torres Bodet	0.7
92	Pombo	0.6
93	Isidro Fabela	0.6
94	Margait	0.5
95	Miraflores	0.5
96	Azkatl	0.5
97	Del Conde	0.5
98	Massayoshi Ohira	0.5
99	Romero de Terreros	0.3
100	Ma. del Carmen	0.3

101	Juan Rulfo	0.2
102	Sta. Catarina	0.2
103	La Niña y la Pinta	0.2
	<b>Parques ecológicos</b>	
104	De Xochimilco	204.0
105	Cuicuilco	21.0
106	Loreto y Peña Pobre	20.0
107	Huayamilpas	14.4
108	Los Coyotes	14.3
109	Las Aguilas	8.1
	<b>Parques nacionales</b>	
110	Cerro de la Estrella	141.0
111	El Tepeyac	101.1
112	Los Remedios	74.2
	<b>Parques recreativos</b>	
113	Sta. Cruz Meyehualco	89.0
114	Justicia Social	6.0
	<b>Parques naturales</b>	
115	Cerro Zacatepetl	32.0
116	Cerro del Judio	27.1
	<b>Reserva ecológica</b>	
117	UNAM	450.0

<b>Viveros</b>		
118	Coyoacán	44.2
119	Nezahualcoyotl	28.0
<b>Rancho</b>		
120	El Retiro	2.7
		3,487.1

Las siguientes figuras muestran algunos ejemplos de bosques y parques urbanos que se encuentran dentro de la Ciudad de México, mencionados en la Tabla 1.1. (Figuras 1.6 a 1.8).





Fig. 1.6. Bosque San Juan de Aragón.



Fig. 1.7. Parque Hundido.



Fig. 1.8. Parque de Tlahuac.

Fuente: Secretaría del Medio Ambiente D. F. (2003)

También es importante mencionar que es común designar con el nombre de área verde a lugares abiertos con una cubierta de pasto (en ocasiones inexistente) y donde la presencia de árboles es escasa, se encuentran muy dispersos o son de poca altura. Desafortunadamente son pocos los parques y jardines donde la variedad vegetal y presencia arbórea es consistente, constituyendo generalmente parques antiguos como el mismo Bosque de Chapultepec, el parque México o el parque España.

Esta escasez de áreas verdes no es privativa de una ciudad como México, el crecimiento desordenado y poco planificado es típico de países en vías de desarrollo donde existe una migración masiva de las zonas rurales hacia las áreas urbanas. La ciudad de México es un claro ejemplo de este fenómeno donde sólo se

cuenta con 3.7 m<sup>2</sup> de área verde por habitante en el Distrito Federal en el año 1997, cantidad muy por debajo de la norma de 16 m<sup>2</sup> por habitante recomendada por la ONU o aún de los 9 m<sup>2</sup> por habitante del Programa para el Medio Ambiente de dicha organización. El área verde actual por habitante en esta ciudad tiene un déficit muy considerable si se le compara con ciudades como Chicago que en los años ochenta contaba con 36 m<sup>2</sup> por habitante, Berlín con 34.1 m<sup>2</sup> y ya en menor escala con Nueva York con 7 m<sup>2</sup> (Barradas y Seres.1988). Sin embargo, en algunas ciudades europeas como es el caso de Barcelona, las áreas verdes daban un promedio de 3.8 m<sup>2</sup> por habitante durante la década de los ochentas, en los últimos años el espacio destinado a parques y jardines ha alcanzado casi los 7 m<sup>2</sup>/hab gracias a los esfuerzos por recuperar la calidad del medio ambiente. (Moreno, 1993).

Algunas medidas para mejorar las condiciones de las áreas verdes han sido llevadas a cabo por el gobierno de la ciudad de México como es el Programa de Reforestación Urbana 2003, cuyo objetivo es contribuir con la creación y mantenimiento de las áreas verdes urbanas del Distrito Federal. Mediante el suministro y plantación de especies vegetales, árboles, arbustos y herbáceos y se pretende mejorar el ambiente y la

imagen urbana del Distrito Federal para el adecuado desarrollo de las actividades humanas que ahí se realizan.

#### **1.4 Características de la vegetación del Bosque de Chapultepec.**

La densidad del arbolado en el bosque de Chapultepec varía de un lugar a otro. En la primera sección los árboles son altos y de amplia fronda observándose ahí el mayor efecto de frescura durante las horas del mediodía. En cambio en las otras secciones del bosque el arbolado es menos denso constituido por árboles altos pero de escasa fronda (predominantemente eucaliptos). En las siguientes figuras se puede observar las características del Bosque de Chapultepec en cuanto a su morfología, es decir, la densidad del arbolado así como las diferentes especies vegetales que lo componen. (Figuras 1.9 y 1.10).



Fig. 1.9. Vista aérea del Bosque de Chapultepec  
Fuente: [www.imagenesaereasdemexico.com](http://www.imagenesaereasdemexico.com) (2003)

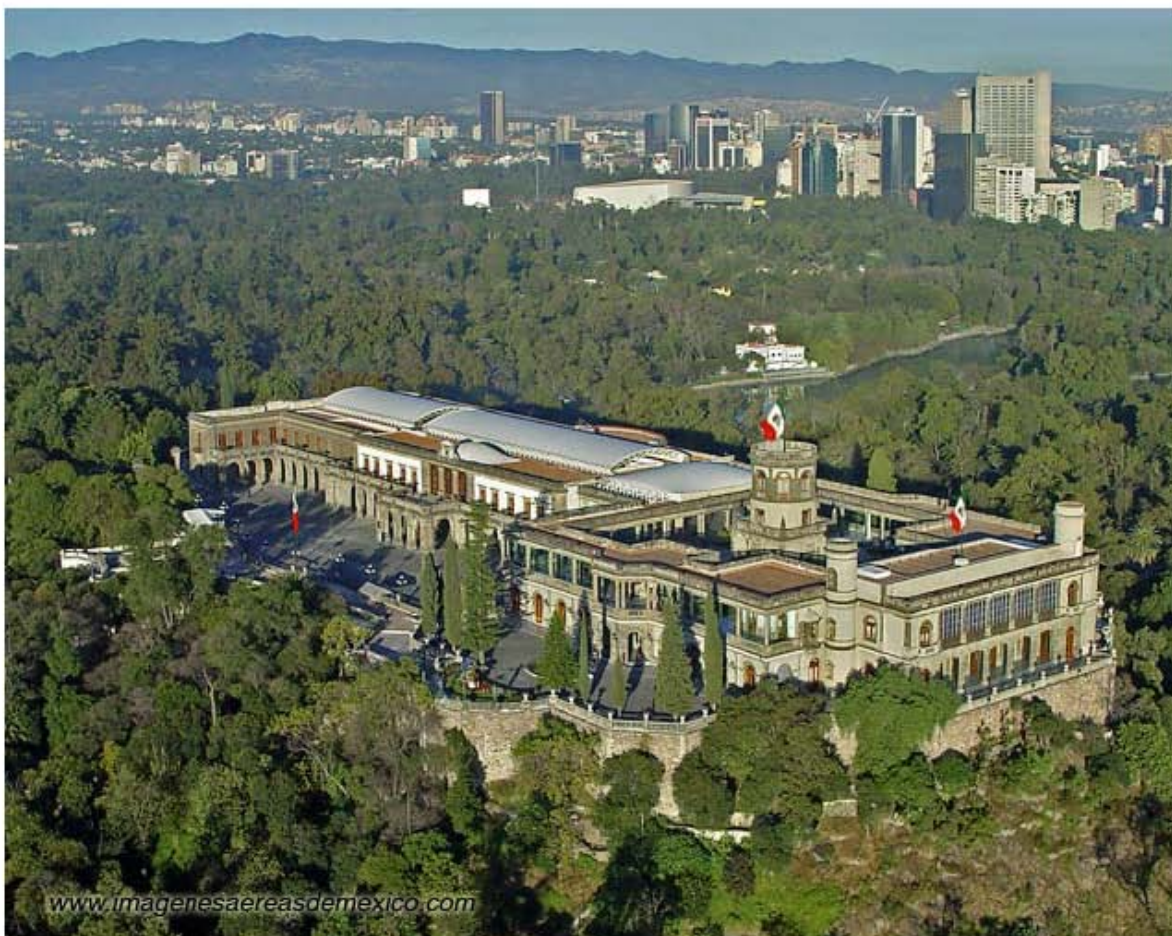


Fig.1.10. Castillo de Chapultepec  
Fuente: [www.imagenesaereasdemexico.com](http://www.imagenesaereasdemexico.com)(2003)

Tovar (1978) describe la vegetación arbórea y arbustiva del bosque de Chapultepec reconociendo 123 especies de las cuales a continuación se mencionan solo unas cuantas.

### 1.5 Especies vegetales del bosque de Chapultepec

*Cedrus deodara* **Cedro blanco o Cedro de la India** (CUPRESÁCEAS)

*Ginkgo biloba* Linn **Ginkgo** (GINKGOACEAS)

*Taxodium mucronatum* Ten **Ahuehuete, o Sabino** (TAXODIACEAS)

*Musa ensete* Gimel **Plátano** (MUSACEAS)

*Acacia longifolia* Willd **Acacia** (LEGUMINOSAS)

*Acer pseudoplatanus* Linn **Arce, o Sicomoro** (ARCEACEAS)

*Celtis australis* Linn **Almes, o Palo blanco** (ULMÁCEAS)

*Chiranthodendron pentadactylon* Larr **Árbol de las manitas o Macpalxóchitl** (ESTERCULIACEAS)

*Citrus limón* **Limón** (FRUTACEAS)

*Eriobotrya japonica* Lindl **Níspero o míspero** (ROCEACEAS)

*Ecucalyptus camaldulensis* Dehnh **Ecucalipto** (MIRTACEAS)

*Morus celtidifolia* **Morera** (MOREACEAS)

*Olea europaea* Linn **Olivo** (OLEACEAS)

*Persea grartissima* Gaertn **Aguacate** (LAURACEAS)

*Phytolacca dioica* Linn **Fitolaca o Ombú** (FITOLACÁCEAS)

*Platanus X hybrida* Brot **Platano o Sicomoro** (PLATANACEAS)

*Prunus persica* Batsch **Durazno o Melocotón** (ROSACEAS)

*Prunus serotina* ssp. **Capulín** (ROSACEAS)

*Quercus rugosa* Neé **Encino** (FAGÁCEAS)

*Robinia pseudoacacia* Linn **Robina o falsa Acacia** (LEGUMINOSAS)

*Salís bonplandiana* **Ahujote o Sauce** (SALIACEAS)



Fig. 1.11. Ahuehuete. Fuente: Martínez y Chacalo, (1994)





Fig. 1.12. Encino. Fuente: Martínez y Chacalo (1994).



Fig. 1.13. Eucalipto. Fuente: Martínez y Chacalo, (1994)

## 1.6 BREVE HISTORIA DEL BOSQUE DE CHAPULTEPEC

Los códices antiguos y crónicas del período colonial narran de manera relevante cómo nuestros ancestros vivieron en Chapultepec momentos trascendentes, lugar al que llegaron los toltecas en 1122, 58 años antes de que se fundara en un islote de la laguna la maravillosa México-Tenochtitlán. (Secretaría del Medio Ambiente D.F., 2003).

Han logrado sobrevivir ancianos y sabios ahuehuetes, que fueron plantados aquí en tiempos en que Moctezuma y Netzahualcóyotl habitaron en el bosque y honraron a sus divinidades; así lo constatan vestigios arqueológicos en los que Tláloc testifica que, desde tiempos precolombinos, Chapultepec abasteció de agua a la ciudad durante más de cuatrocientos años. En la actualidad, ya están secos los manantiales que brotan de las faldas del cerro y de la gruta llamada Cincalco, donde los mexicas encontraron una de las dos entradas al inframundo de sus muertos. (Secretaría del Medio Ambiente D. F., 2003).

Chapultepec fue morada de los dioses antiguos, refugio de pueblos perseguidos y asiento para meditación y reposo de los emperadores aztecas. Con la conquista, se convirtió momentáneamente en propiedad particular de Hernán Cortés hasta

que en 1530 por decreto real se transfirió a la ciudad como patrimonio permanente. Juan Suárez de Peralta, un español del siglo XVI, lo describió así: "es un bosque que está en México a media legüechuela. Es un cerro muy fragoso, de mucha piedra y muy alto, redondo, que parece que se hizo a mano, con mucho monte, tiene dos fuentes lindísimas y están hechas sus albercas y edificios muy de ver, está cercado como media legua en redondo y hay en él mucha caza de venados, liebres, conejos, y volatería la que quisieren."

Francisco Cervantes de Salazar, uno de los primeros rectores de la Universidad de México, en 1554 dijo de Chapultepec que era un "lugar célebre por la historia de los indios y por su abundancia en aguas." Por este motivo, cuatro siglos después, Diego Rivera pintó aquí, en 1951, su bellísimo mural "El origen de la vida en la tierra" y construyó frente al Cárcamo del Lerma la Fuente de Tláloc. Además, en los años setenta de este siglo, se instaló el monolito de Tláloc en el perímetro del bosque, a las afueras del Museo Nacional de Antropología. (Secretaría del Medio Ambiente D.F., 2003)

Durante la época colonial, los virreyes tuvieron predilección por el bosque de Chapultepec, que cuidaron con esmero y donde organizaron festejos y saraos, en lo alto del cerro

construyeron una ermita dedicada a San Miguel, obras para la defensa de la ciudad y mucho tiempo después, el Alcázar Real que hoy conocemos como Castillo de Chapultepec, para su residencia veraniega.

Después de este largo periodo, Chapultepec presencia y participa activamente en los grandes cambios que llevaron al país a su Independencia. En 1847, durante la invasión norteamericana, el Alcázar se convirtió en sitio estratégico y en campo de batalla donde los heroicos niños forjaron entonces nuestro camino de resistencia a cualquier invasión extranjera. (Secretaría del Medio Ambiente D. F., 2003).

En 1864, al imponerse Maximiliano de Habsburgo como emperador de México gracias al apoyo de Francia, se ordenó la reconstrucción del alcázar como residencia, para ello se trajo mobiliario europeo con el cual se imprimió un toque de majestuosidad. Doscientos austriacos aumentaron la diversidad de plantas existentes con especies traídas del viejo continente. Terrenos aledaños al bosque fueron adquiridos por el imperio para abrir avenidas, la más importante de las cuales fue el Paseo de la Reforma. Sin embargo, tres años después de iniciado su imperio, Maximiliano fue fusilado en el Cerro de las Campanas, y Chapultepec fue nuevamente abandonado a causa

de la inestabilidad política del país, por lo que se concluyó otra etapa de mejoramiento tanto del alcázar como del bosque, sin embargo, quedó impregnado de la grandeza del imperio.

En 1880, la Asociación del Colegio Militar erigió al pie del cerro un monumento a los Niños Héroe proyectado por Ramón Rodríguez de Arangoiti y, años más tarde, Porfirio Díaz mandó construir la Tribuna Monumental en el lado suroeste del Castillo para conmemorar las batallas de Molino del Rey y Chapultepec. Estando por concluir el siglo XIX, el régimen de Porfirio Díaz comenzó a realizar importantísimas obras para mejoramiento y embellecimiento del Bosque y su Castillo. Para ello se creó una comisión encabezada por José Y. de Limantour y, un poco después, la Junta Superior del Bosque de Chapultepec que estuvo presidida por el general Carlos Rincón Gallardo y bajo cuya responsabilidad estuvo el desarrollo de las obras. (Secretaría del Medio Ambiente D.F., 2003).



Fig. 1.14. Bosque de Chapultepec principios del siglo XX.  
Fuente: Secretaria del Medio Ambiente D. F.

De esta forma, a partir de 1898 se abrieron paseos y calzadas, entre ellas las de Los Poetas y la de Los Filósofos, a cuyas orillas se plantaron fresnos y truenos. Además se construyeron calzadillas y banquetas para los peatones.

Entre 1903 y 1906 se plantó una cantidad de árboles y arbustos cercana a los 50 mil. A partir de entonces se empezó a adornar el bosque con fuentes y esculturas, se construyeron kioscos y espacios de convivencia, lagos y embarcaderos, también se protegió a Chapultepec con una reja de hierro que todavía cumple su función.

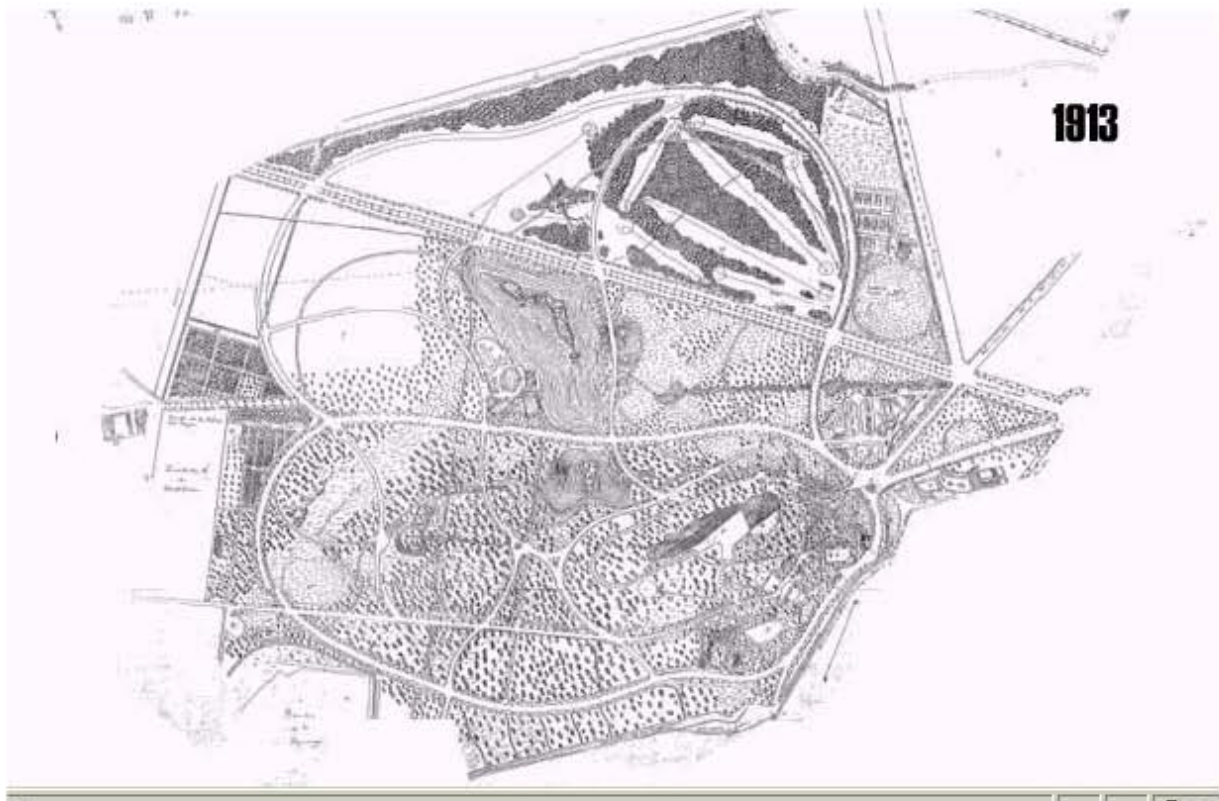


Fig. 1.15. Imagen del Bosque de Chapultepec del año 1913  
Fuente: Secretaria del Medio Ambiente D.F.

En la etapa independiente, fungiría como casa presidencial, desde don Sebastián Lerdo de Tejada hasta que el general Lázaro Cárdenas, por decreto del 31 de diciembre de 1938, abrió sus puertas al pueblo de México convirtiéndolo en Museo Nacional de Historia. El castillo dejó de ser casa presidencial el 31 de diciembre de 1938, fecha en que el presidente Lázaro Cárdenas decretó que sus instalaciones albergaran el Museo Nacional de Historia, abriendo así sus puertas al pueblo de México.





Fig. 1.16. Imagen del Bosque de Chapultepec del año 1967  
Fuente: Secretaría del Medio Ambiente del D.F.



Fig. 1.17. Imagen del Bosque de Chapultepec del año 1987  
Fuente: Secretaría del Medio Ambiente del D.F.

Ha pasado el tiempo y en el momento actual dejó de circular por la ciudad el agua de Chapultepec, pero hoy millones de ciudadanos vienen aquí en busca de recreo y para encontrar reposo en el bosque y la fuerza de nuestra historia. A lo largo del tiempo, Chapultepec ha acuñado historias, mitos y leyendas, incluso un ambiente sagrado lo recorre por entero posesionándose de rocas, ahuehuetes y esculturas. (Secretaría del Medio Ambiente D.F., 2003)



**2001**

Fig. 1.18. Imagen de satélite del Bosque de Chapultepec del año 2001. Fuente: Secretaria del Medio Ambiente D. F.

## CAPITULO 2

### CLIMATOLOGÍA DEL OBSERVATORIO DEL BOSQUE DE CHAPULTEPEC.

#### 2.1 Análisis climáticos del Bosque de Chapultepec en el periodo 1931-87. (Datos históricos).

El bosque de Chapultepec se localiza a  $19^{\circ}$  y  $24'$  de latitud Norte y a  $99^{\circ}$  y  $13'$  de longitud Oeste. Administrativamente se encuentra ubicado dentro de la Delegación Miguel Hidalgo, D. F. (Figura 2.1).



Figura 2.1. Imagen de satélite del Bosque de Chapultepec del año 2004. Fuente: Secretaría del Medio Ambiente D. F.

Para conocer si ha habido modificaciones climáticas dentro del Bosque de Chapultepec y evaluar la posible influencia que este puede tener sobre sitios cercanos se realizaron las siguientes actividades:

a) observaciones históricas del micro clima del bosque de Chapultepec. Series de datos climáticos que se analizan de forma cuantitativa.

b) el método de recorrido en un vehículo instrumentado (termómetro y psicrómetro), que se ha utilizado desde hace décadas para investigar la distribución de la temperatura y humedad que se registran en la ciudad (Sekiguti, 1951; Kratzer, 1957; Jáuregui, 1971 entre otros). Estos recorridos han servido para identificar y caracterizar el domo de aire tibio que se cierne en las ciudades, comúnmente llamado "isla de calor".

Este método de recorridos vehiculares ha sido empleado para detectar los contrastes térmicos y de humedad que caracterizan las áreas verdes urbanas grandes. Por ejemplo Herriton et al, (1972), Chandler (1962), Jáuregui, (1973) entre otros, insisten

en el papel que tienen las áreas verdes urbanas como sumideros de energía térmica y fuentes de humedad.

Durante el período de 1931-1987 funcionó en el bosque de Chapultepec un observatorio que se localizaba en las cercanías del área que actualmente ocupa el museo de arte moderno (que entonces no existía), (ver Figura 2.2) por lo que la estación se encontraba en un claro cubierto por pasto y algunos árboles.

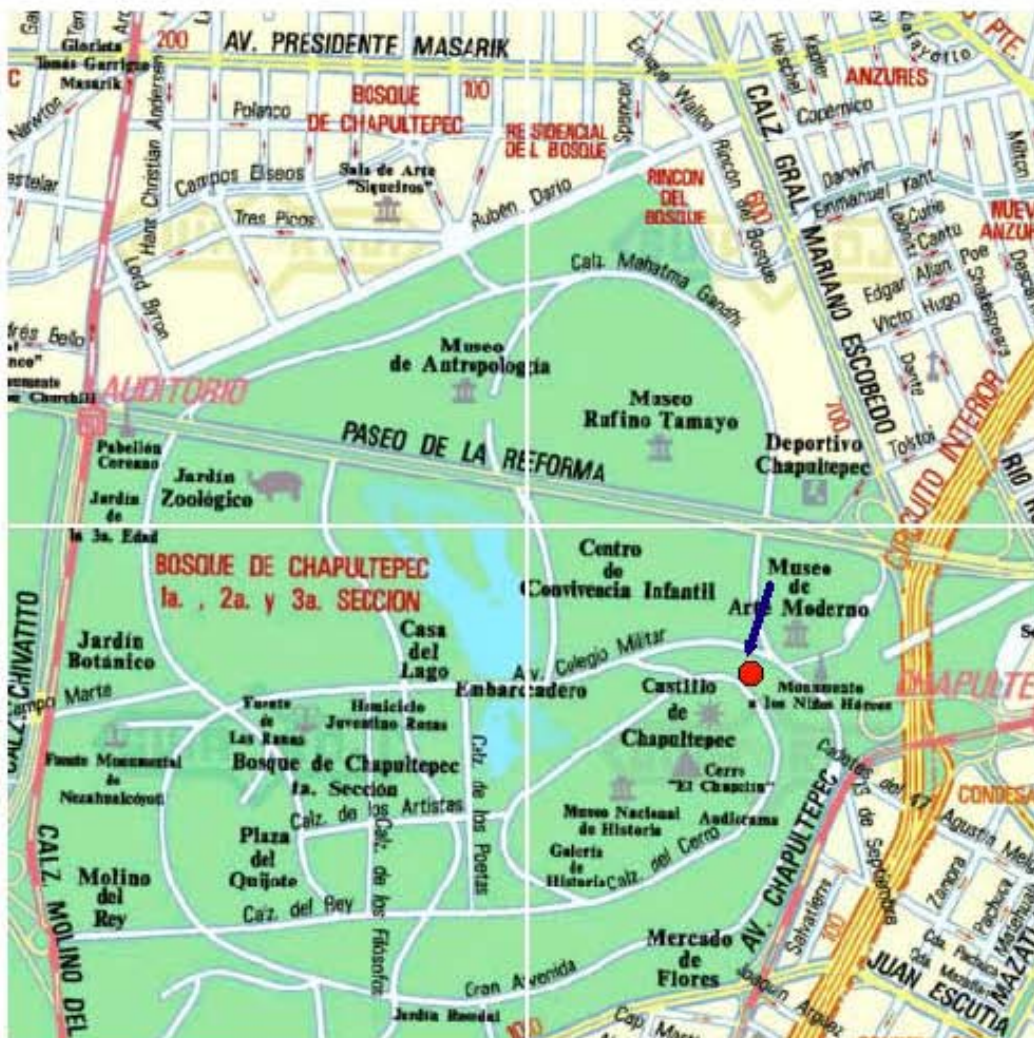


Figura 2.2 Localización del antiguo Observatorio de Chapultepec  
Fuente: Guía Roji (2005).

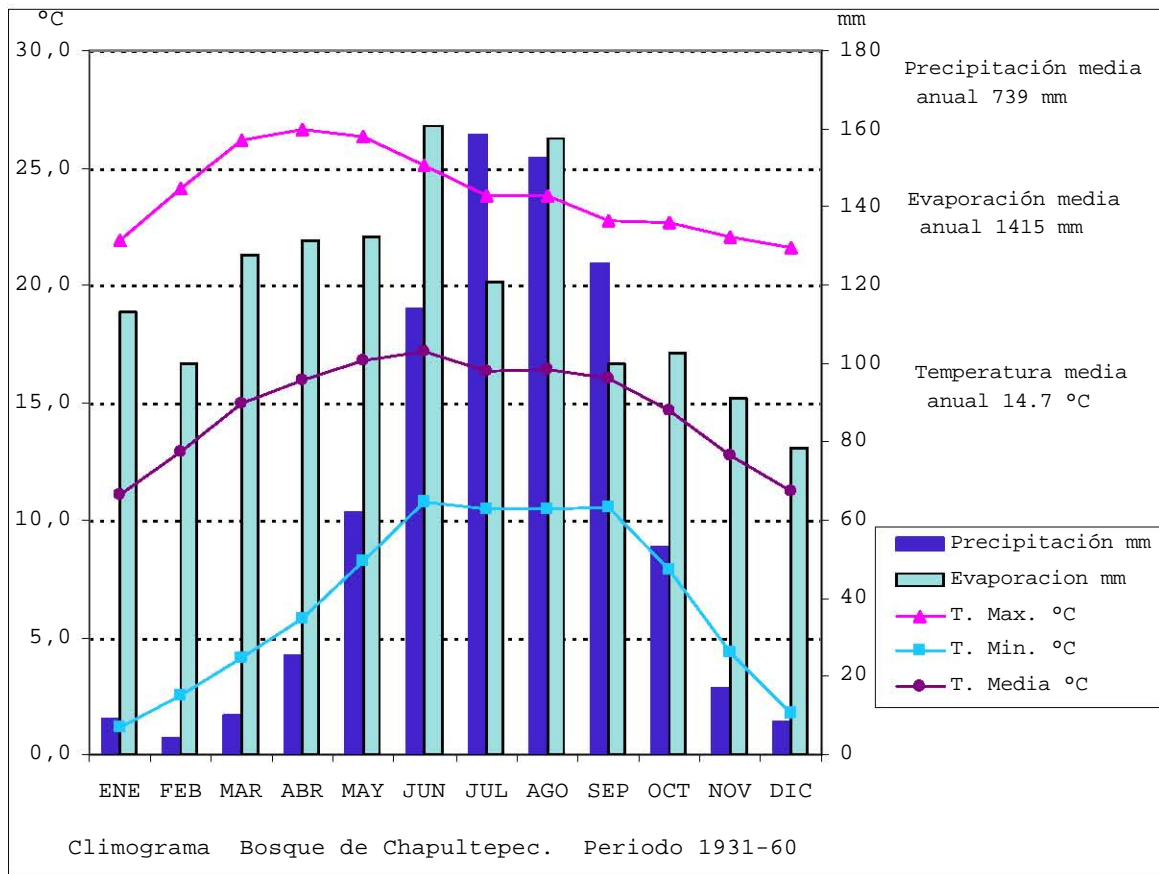


Figura 2.3. Climograma de Chapultepec.

En la Figura 2.3 se muestran algunas de las variables climatológicas del Observatorio del Bosque de Chapultepec para el periodo de 1931-60. Se puede apreciar que la precipitación se concentra en los meses de julio a septiembre. El observatorio del Bosque de Chapultepec tiene una precipitación media de 739mm al año.

Las temperaturas máximas se presentan en el mes de abril llegando a ser 27 °C, y van disminuyendo a partir del mes de julio por la llegada de las lluvias al territorio nacional.

Las temperaturas mínimas en Chapultepec se registran en los meses de enero y diciembre con descensos muy cerca de los cero grados centígrados.

## **2.2 La temperatura**

La figura 2.4 (tomada de Jáuregui, 1991) ilustra contrastes térmicos entre el Bosque de Chapultepec y Tacubaya. El bosque es más fresco (unos 3°C en promedio) en la estación de secas durante la noche como lo muestra la gráfica de temperatura (ver figura 2.5). Las diferencias de temperatura máxima son sólo de 1 °C y a favor del bosque, indicando que el aire es más tibio dentro del área vegetada debido a la mezcla del aire generalmente a las horas del medio día. (ver figura 2.5)



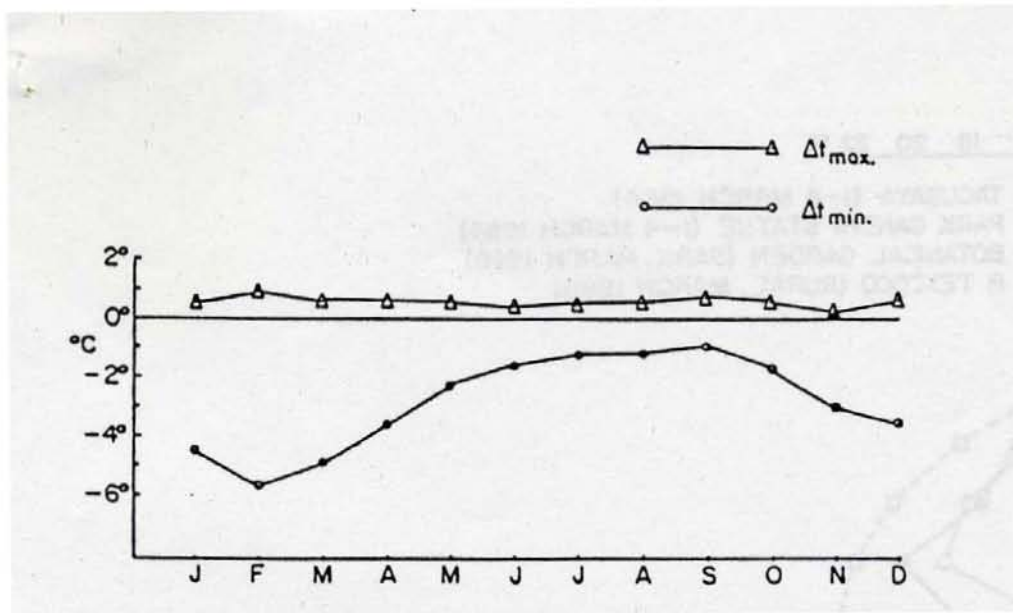


Figura. 2.4. Diferencias de temperatura máxima y mínima entre el Bosque de Chapultepec y el Observatorio de Tacubaya. Periodo 1961-63. Jáuregui, (1991)

Con objeto de detectar el contraste en la temperatura de la estación Chapultepec con la correspondiente del observatorio de Tacubaya (Figura. 2.5) se ilustra la variación térmica diurna promedio para un mes de secas (enero). Se puede apreciar que durante la noche (a partir de las 6:00 pm hasta las 8:00 am) el bosque permanece unos 2°C más fresco que el entorno urbano. Una vez que se inicia el movimiento convectivo por el calentamiento solar ambos se igualan aunque a las 12 del medio día donde el bosque registra una temperatura ligeramente superior, confirmando la observación por otros autores (Grimmond, 1996; Jáuregui, 1991). Si bien el bosque es más fresco por la tarde y

hasta el amanecer, las temperaturas del medio día suelen ser algo más altas en el entorno urbano construido dependiendo de la mayor o menor densidad del arbolado en la vecindad de la estación.

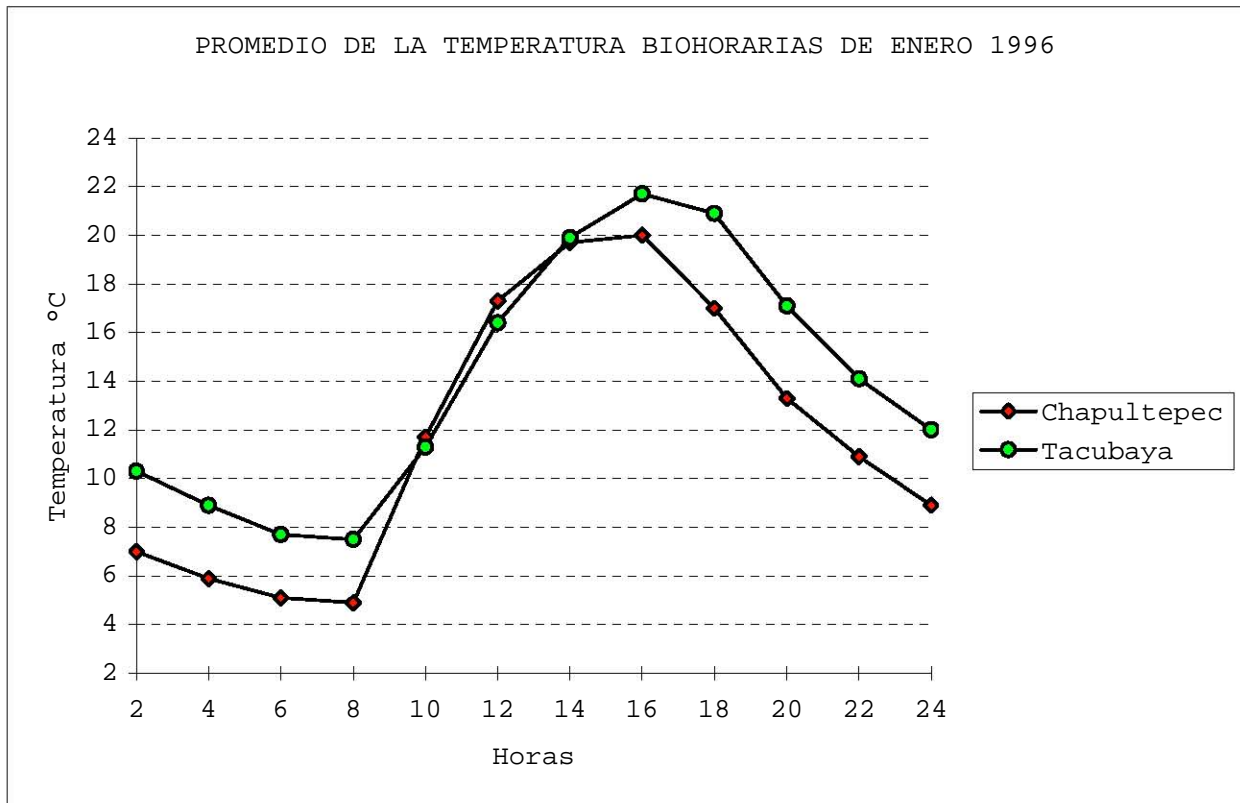
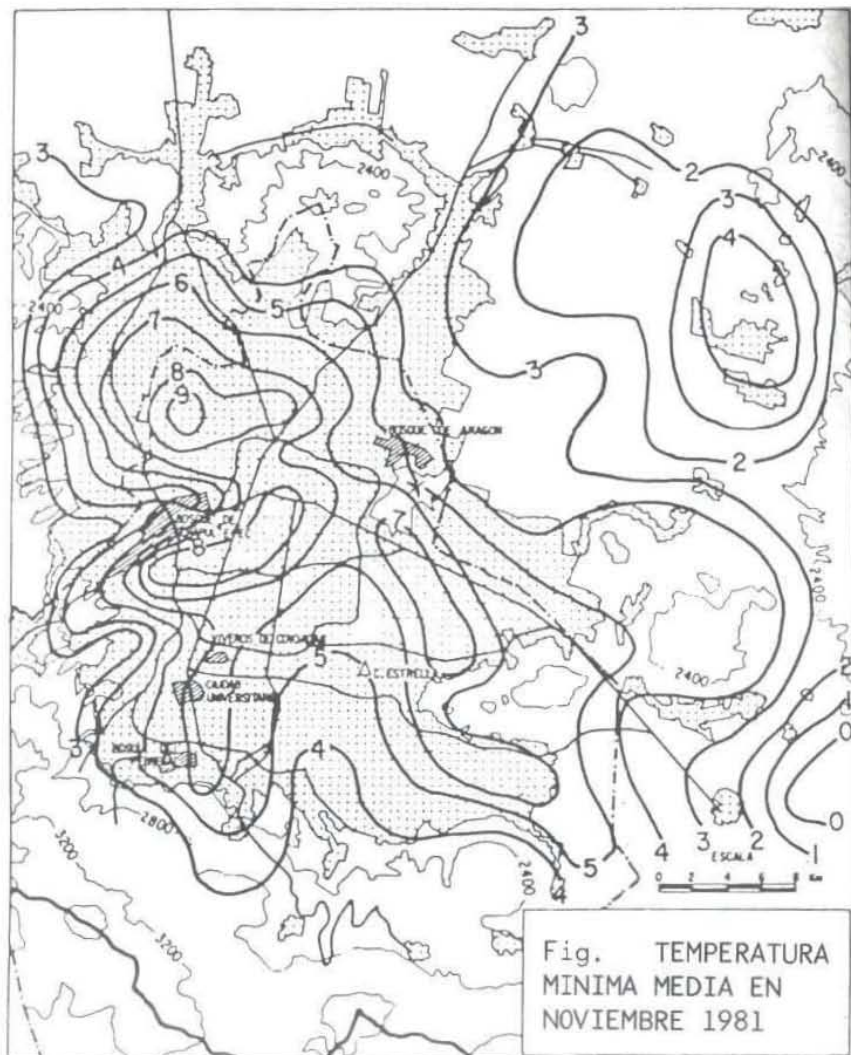


Figura 2.5. Promedio de temperaturas en el mes de enero de 1996 para las estaciones Chapultepec y Tacubaya.

Como ilustración del impacto del bosque de Chapultepec en la isla de calor de la ciudad de México se presenta la Figura 2.6 que detalla la morfología de ésta. Se puede apreciar que aparece seccionada en dos partes por la cuña de aire fresco del bosque, del mismo modo en otras áreas verdes grandes de la

ciudad como Xochimilco y Plan Texcoco, el entorno urbano se ve modificado elevando el nivel de humedad ambiente, como se ilustra en la misma figura 2.6.



Tomada de Jáuregui (1984)

Figura 2.6. Isla de calor en la Ciudad de México para el mes de noviembre de 1981.

Se observaron en los datos históricos del Observatorio del Bosque de Chapultepec que las temperaturas mínimas han aumentado en el periodo de 1931-87 de 4 a 10 °C se debe a la influencia que ha ejercido la urbanización sobre la atmósfera calentando el aire, por efecto de los gases de invernadero producto del consumo de combustibles derivados del petróleo y la disminución de áreas con vegetación en la ciudad. han contribuido al aumento en las temperaturas mínimas. Figura 2.7.

Por otro lado las temperaturas máximas para el mismo periodo han descendido por efecto del bosque de Chapultepec ya que los árboles actúan como sumideros de calor aportando humedad al ambiente contribuyendo a disminuir las temperaturas máximas que se presentan principalmente en los meses de más calor como lo son abril y mayo, así la vegetación ayuda a disminuir los efectos de la urbanización. Figura 2.8.

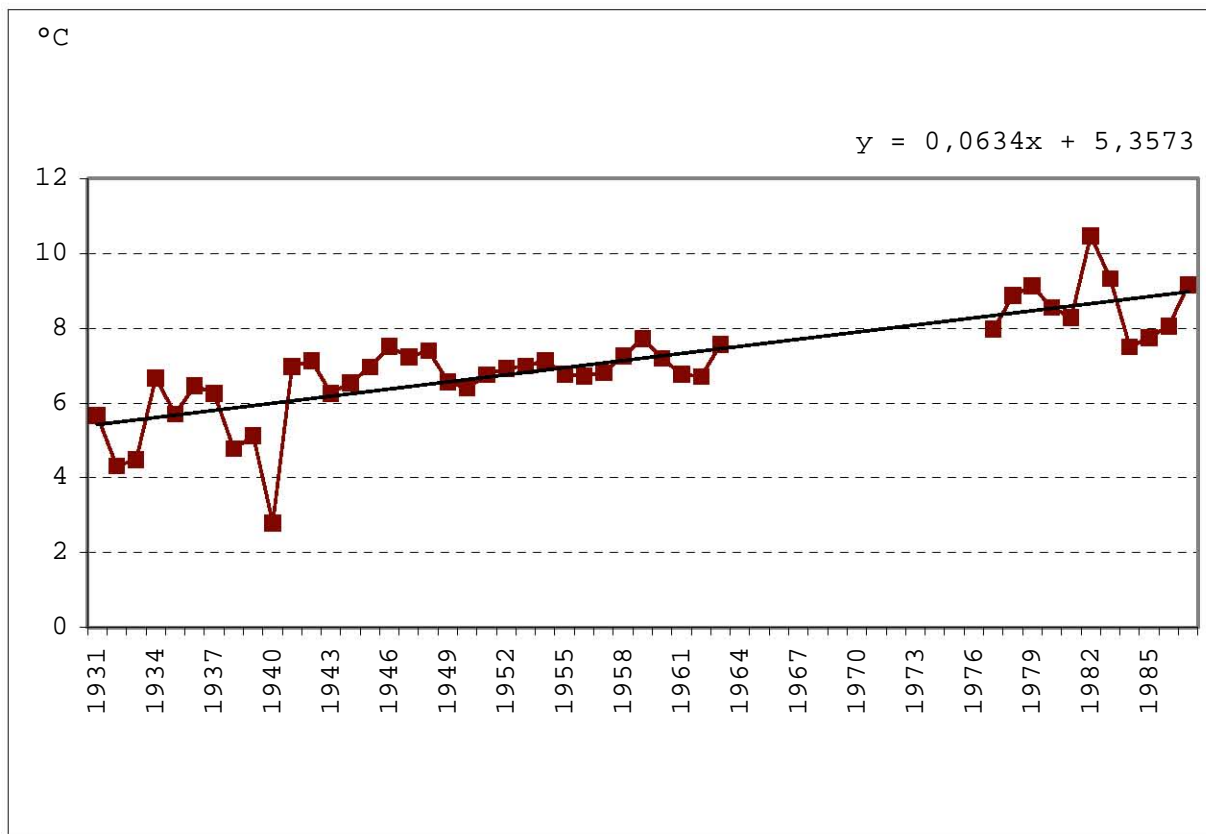


Figura 2.7. Promedio de temperatura mínima anual en el Jardín Botánico de Chapultepec. Periodo 1931-1987.

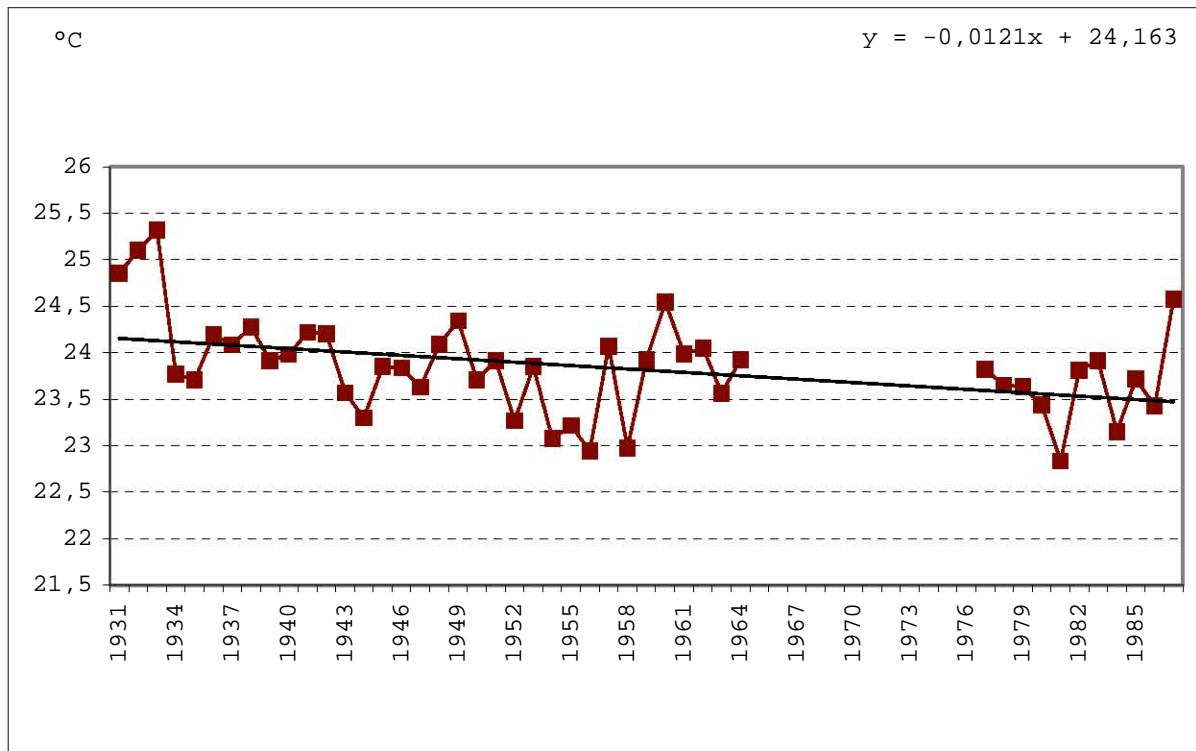


Figura 2.8. Promedio de la temperatura máxima anual en el Jardín Botánico de Chapultepec. Periodo 1931-1987.

### 2.3 Tendencia de la precipitación en Chapultepec

La lluvia medida en el bosque de Chapultepec señala una tendencia positiva para el periodo 1931-87 según se aprecia en la Figura 2.9. Un análisis de la precipitación en la década de los 80 revela que el bosque de Chapultepec tiene entre un 20% hasta un 80 % más precipitación en el rango de 1 a 5 mm/24hrs. y de 5 a 10 mm/24hrs respectivamente, según se puede apreciar en la Tabla 2.1.

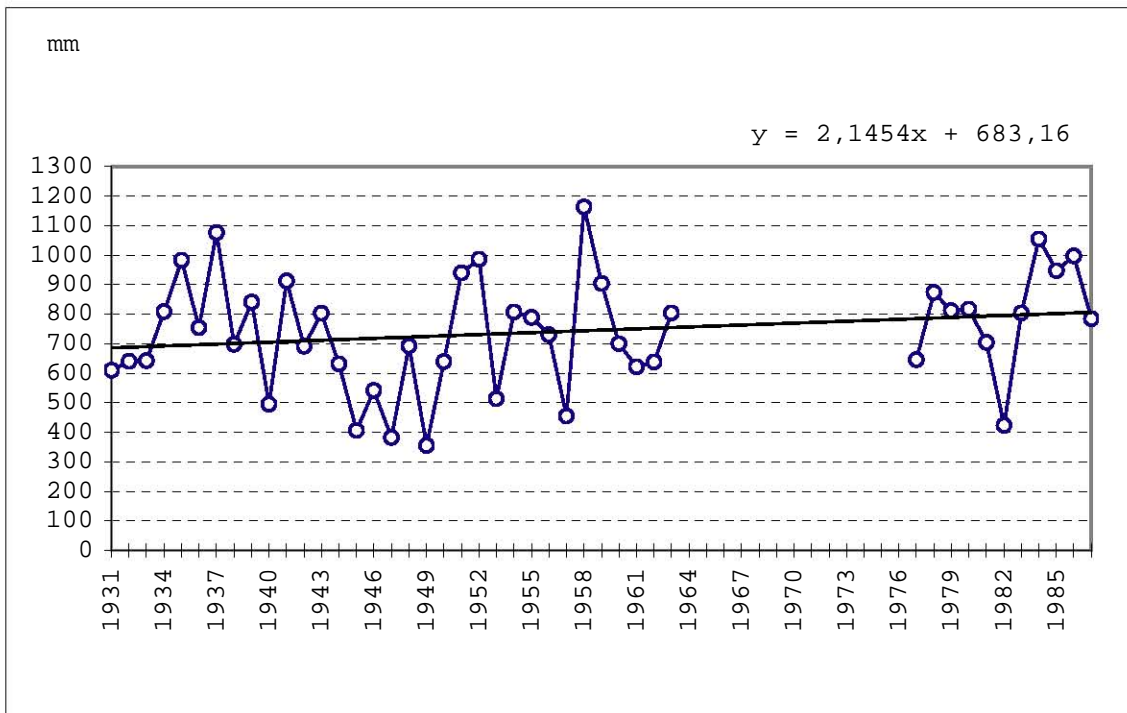


Figura 2.9. Precipitación total anual en el Observatorio del Bosque de Chapultepec. Periodo 1931-1987.

Tabla 2.1 Cociente de precipitación diaria entre Chapultepec y el Observatorio de Tacubaya. Periodo 1931-87

clase	0.1-5 mm	5.1-10 mm	10.1-15 mm	15.1-20 mm	>25 mm
Cociente de precip. Chap./Tabya.	1.8	2.4	1.4	1.8	1.4

Los cocientes de lluvia diaria en ambos sitios señalan que en Chapultepec hay mayor precipitación que en Tacubaya.

## 2.4 La humedad relativa en el Bosque de Chapultepec.

La forma más utilizada para expresar el grado de humedad del aire es por medio de la humedad relativa. Este valor se obtiene dividiendo la tensión del vapor de agua a temperatura ambiente entre la tensión de dicho vapor correspondiente a un ambiente saturado de humedad y para la temperatura dada, expresados ambos valores en hectopascales (Hpa). En consecuencia el cociente mencionado carece de unidades y puede alcanzar valores muy bajos, como en una región árida, hasta casos de una niebla baja con porcentajes muy elevados. Usualmente este cociente se expresa en por ciento.

Si se cuenta con un psicrómetro la humedad relativa se calcula así:

$$\text{H.R.} = \frac{e}{es}$$

Donde:

**e** = tensión del vapor de agua presente en el aire de un lugar (hPa) a la temperatura ambiente.

**es** = tensión de saturación del vapor de agua a la misma temperatura (hPa).



Como la lectura del psicrómetro es en un momento dado la e se calcula así:

$$e = hPa (Ts - Th)$$

donde:

**Ts** = temperatura del bulbo seco

**Th** = temperatura del bulbo húmedo

**Hpa** = presión atmosférica del sitio en hectopascales

Una forma práctica de calcular la humedad relativa es por medio de las tablas psicrométricas donde se toma en cuenta la temperatura del bulbo seco y del húmedo.

En otros casos la humedad relativa se puede leer en el registro de un termohigrógrafo que grafica la temperatura y la humedad relativa en forma constante en dicho instrumento.

En el bosque de Chapultepec, desde 1991 funciona una estación climatológica que cuenta con un termohigrógrafo ubicada a unos 50 metros de la estatua de Gandhi, en la 1ª sección del Bosque de Chapultepec cerca del Museo Rufino Tamayo.

Comparando los registros de dicha estación en el año de 1996 simultáneamente con los correspondientes a los del observatorio de Tacubaya distante 1.5 Km viento abajo del bosque, se han

obtenido las siguientes gráficas que describen para cada mes la evolución de la humedad relativa en ambos sitios.

Se observan los siguientes contrastes:

a) la evolución de la humedad relativa como era de esperar, es inversa a la temperatura ya que a mayor temperatura del aire, menor capacidad para contener humedad y consecuentemente la humedad relativa es mínima a la hora de máximo calor y máxima al amanecer cuando ocurre la temperatura mínima.

b) En general la humedad relativa es 20 a 25% mayor en el bosque que en el entorno urbano. Este contraste disminuye ligeramente durante las lluvias (entre un 15-20%) y se mantienen durante la segunda mitad de la estación húmeda del año (julio-octubre). Figura 2.10.

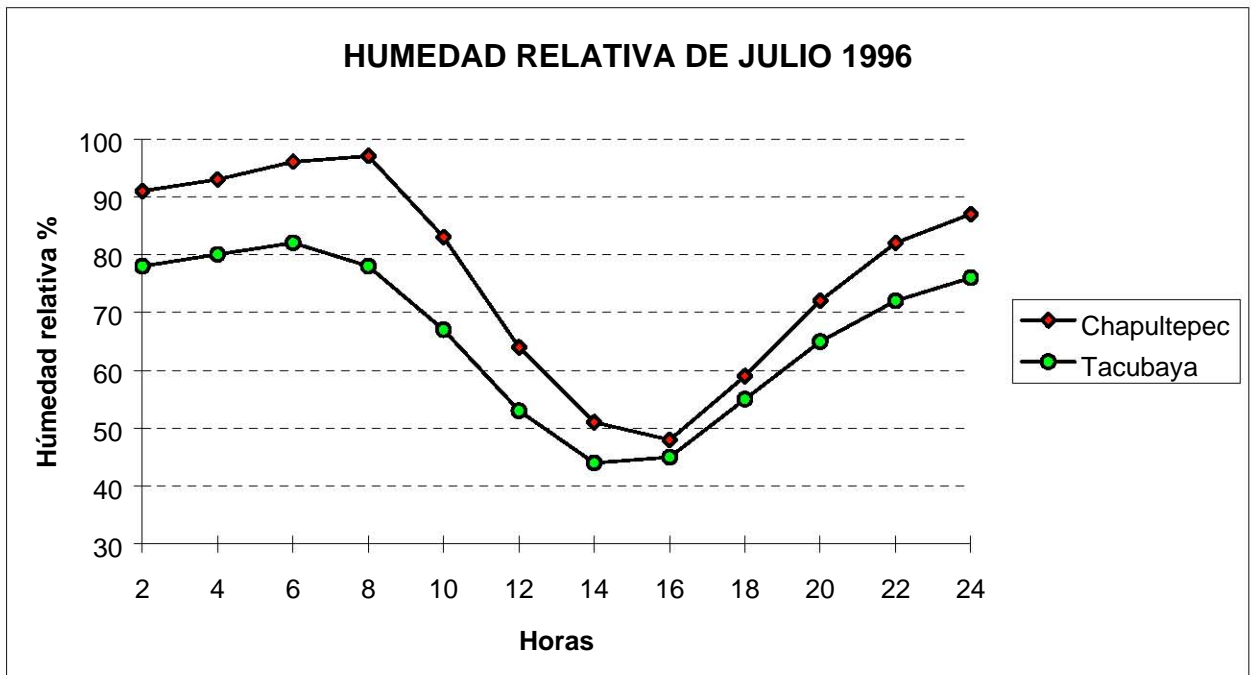


Figura 2.10. Marcha diurna de la humedad relativa para la estación Chapultepec y el Observatorio de Tacubaya en el mes de julio de 1996.

Como contraste, en la segunda mitad de la estación seca la humedad relativa dentro y fuera del bosque es casi la misma en las horas del medio día y al comienzo de la noche alcanzando valores de 25 a 35%. Es decir que el ambiente a dichas horas es bastante seco en el bosque a pesar de la vegetación que circunda la estación climatológica. En cambio durante la segunda mitad de la noche, la humedad relativa del bosque es superior al 70% alcanzando incluso valores superiores al 90%. Figura 2.11. Es en estas ocasiones que se presenta la niebla

baja en forma de parches en las partes bajas del bosque y en lugares cercanos a la estación climatológica.

En la Figura 2.11 se puede advertir que el bosque, como era de esperar, es más húmedo hasta un 20-30% durante la tarde y hasta las 8:00 horas del siguiente día. En las horas del medio día la humedad del bosque se iguala con la del entorno urbano debido a la acción turbulenta del aire a esas horas.

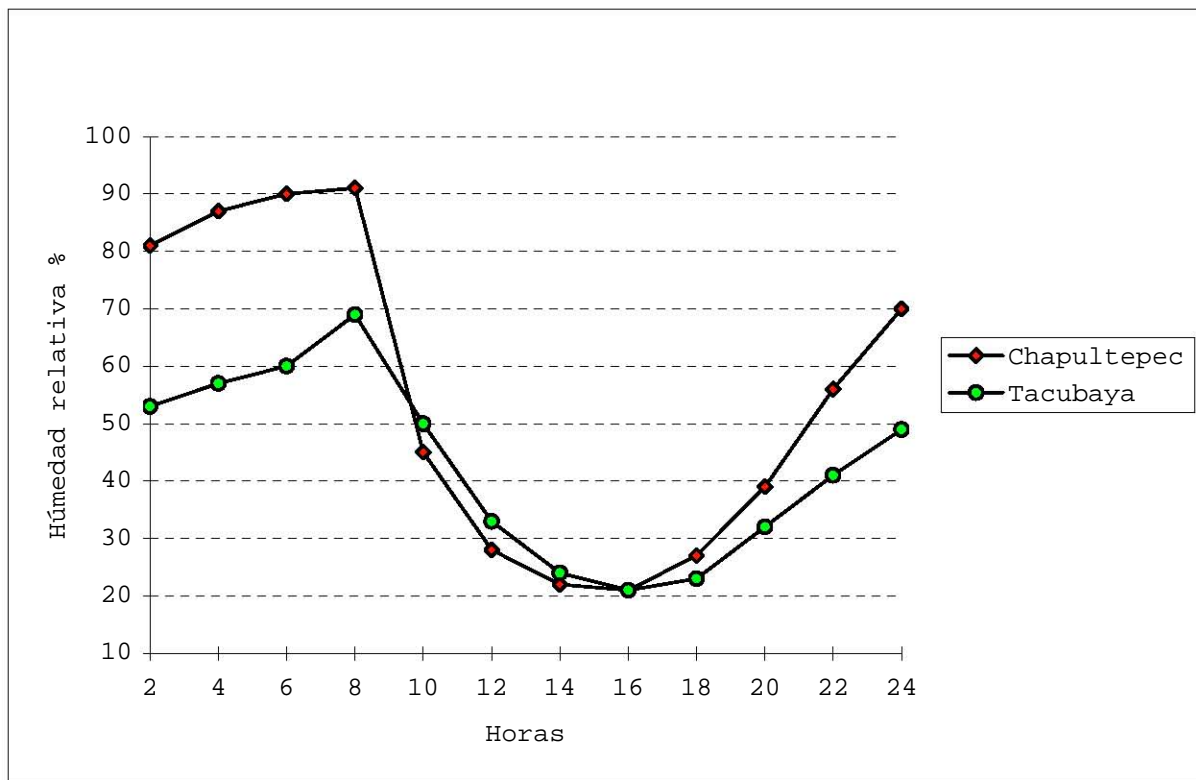


Figura 2.11. Marcha diurna de la humedad relativa para la estación Chapultepec y el Observatorio de Tacubaya para el mes de enero de 1996.

La elevada humedad relativa (mayor a 90%) que ocurre en el bosque se presenta casi durante todo el año a partir de la

media noche y hasta el amanecer mientras en el entorno urbano la humedad relativa se mantiene alrededor de 80%, como lo muestra la Figura 2.12. También se aprecia que las áreas con vegetación o con algún cuerpo de agua, la humedad relativa es mayor que su entorno como ocurre en el Lago de Texcoco y en Xochimilco, donde la humedad relativa es de 90 o 95% y va disminuyendo conforme aumenta la distancia a las fuentes de humedad.(ver figura 2.12).

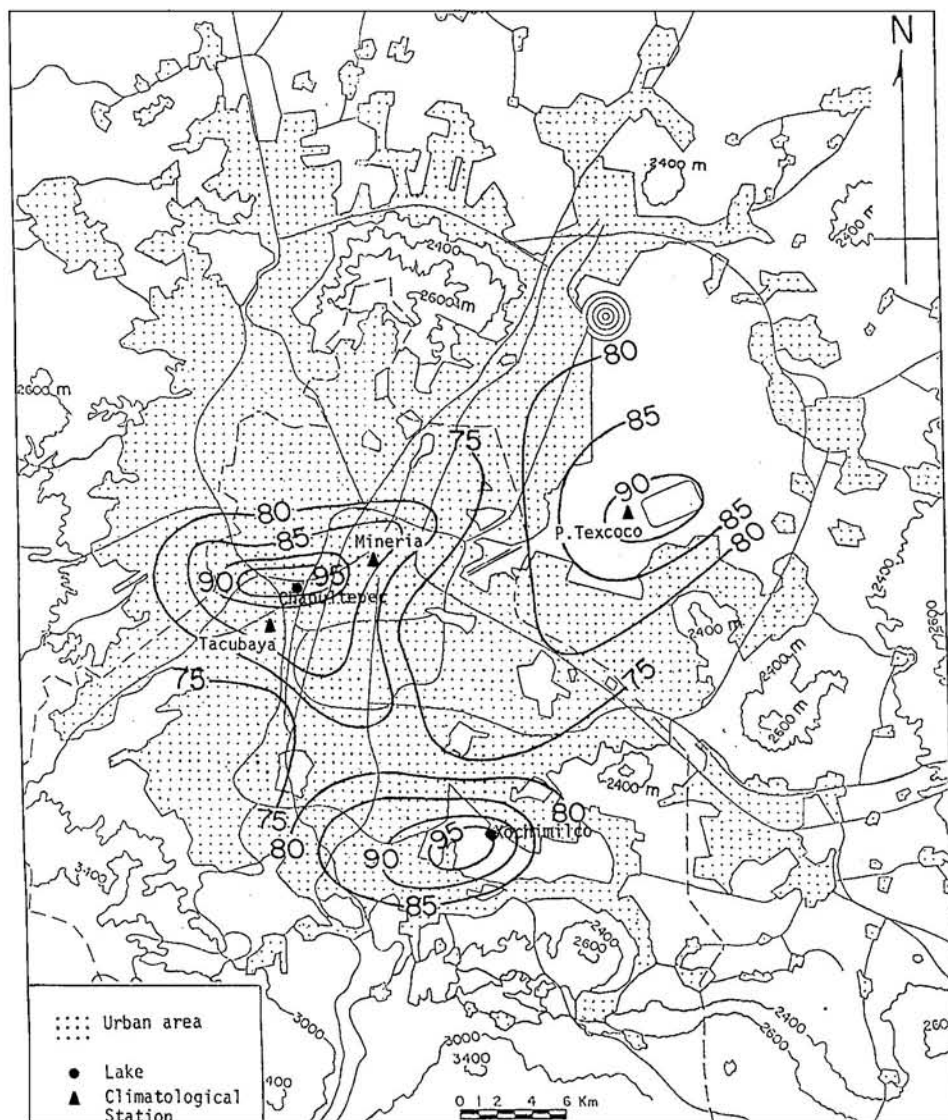


Figura 2.12. Humedad relativa en la Ciudad de México. Martínez y Jáuregui (2000).

## 2.5 ¿Por que el aire del parque es más fresco?

En noches despejadas y aire casi en calma las copas del arbolado del parque pierden calor más rápidamente que el entorno urbano según se aprecia en la Figura 2.13 que muestra las curvas de la rapidez de enfriamiento acumulativo de Chapultepec en comparación con otras áreas verdes o áreas con cuerpos de agua en la ciudad (Plan Texococo, Xochimilco). Estas curvas resultan muy semejantes alcanzando un enfriamiento de 9 a 10 °C al final del periodo nocturno. Como contraste, el sitio eminentemente urbano de la antigua Escuela de Minería con escaso o nulo arbolado se enfría más lentamente debido al efecto del calentamiento del aire de la ciudad ó efecto de la "isla de calor", mismo que se explica por la mayor absorptividad calórica y menor albedo de los materiales con los que se encuentran construidas las áreas urbanizadas. La diferencia entre el medio rural y el urbano radica en el papel que juega la evapotranspiración, es decir que en el medio rural la radiación solar se consume principalmente en evaporar agua, mientras que en el medio urbano la energía se emplea más en calentar las edificaciones al existir menos superficies con agua (Tejeda, 1996). Lo anterior explica el hecho observado de que por la noche y primeras horas de la mañana el aire del

bosque es más fresco que el entorno urbano, aun estando inmerso en la ciudad.

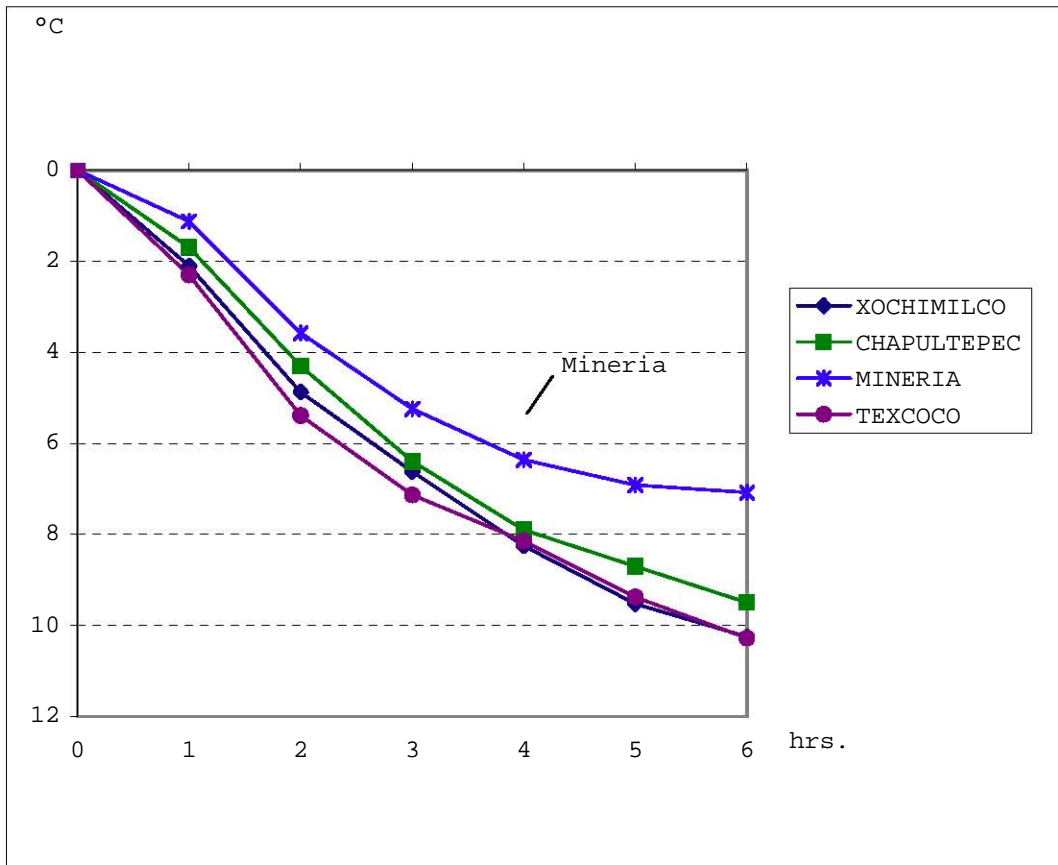


Figura 2.13. Razón de enfriamiento en parques urbanos/suburbanos de la Ciudad de México. Octubre de 1997.



## **CAPITULO 3**

### **EL MICROCLIMA DEL BOSQUE DE CHAPULTEPEC**

#### **3.1 ¿Ha sido afectado el microclima del bosque de Chapultepec con la creciente influencia de la isla de calor de la ciudad de México?**

Para contestar esta pregunta se hace una comparación de los patrones de distribución de temperatura y humedad relativa, ambos registros utilizando la misma metodología de los recorridos en vehículos instrumentados en el bosque, el primero a principios de la década de los 70's con los correspondientes observados décadas después, en 1997.

Para el caso del Bosque de Chapultepec (unas 450 Ha.), Jáuregui (1975) detectó que en la mañana del 3 de diciembre de 1970 el aire del bosque era 5°C más fresco que el entorno construido mientras que en el pequeño parque de La Fontaine en Montreal, Canadá, el Dr. Tim Oke (1989) midió un contraste ciudad/parque de 2°C. En ambos ejemplos el recorrido se hizo en condiciones de cielo despejado. Los correspondientes muestreos de la humedad realizados en la misma fecha por el Dr. Ernesto

Jáuregui (1975) en el bosque revelan un aumento de la humedad relativa del 25%. Figuras.3.1. y 3.2 .

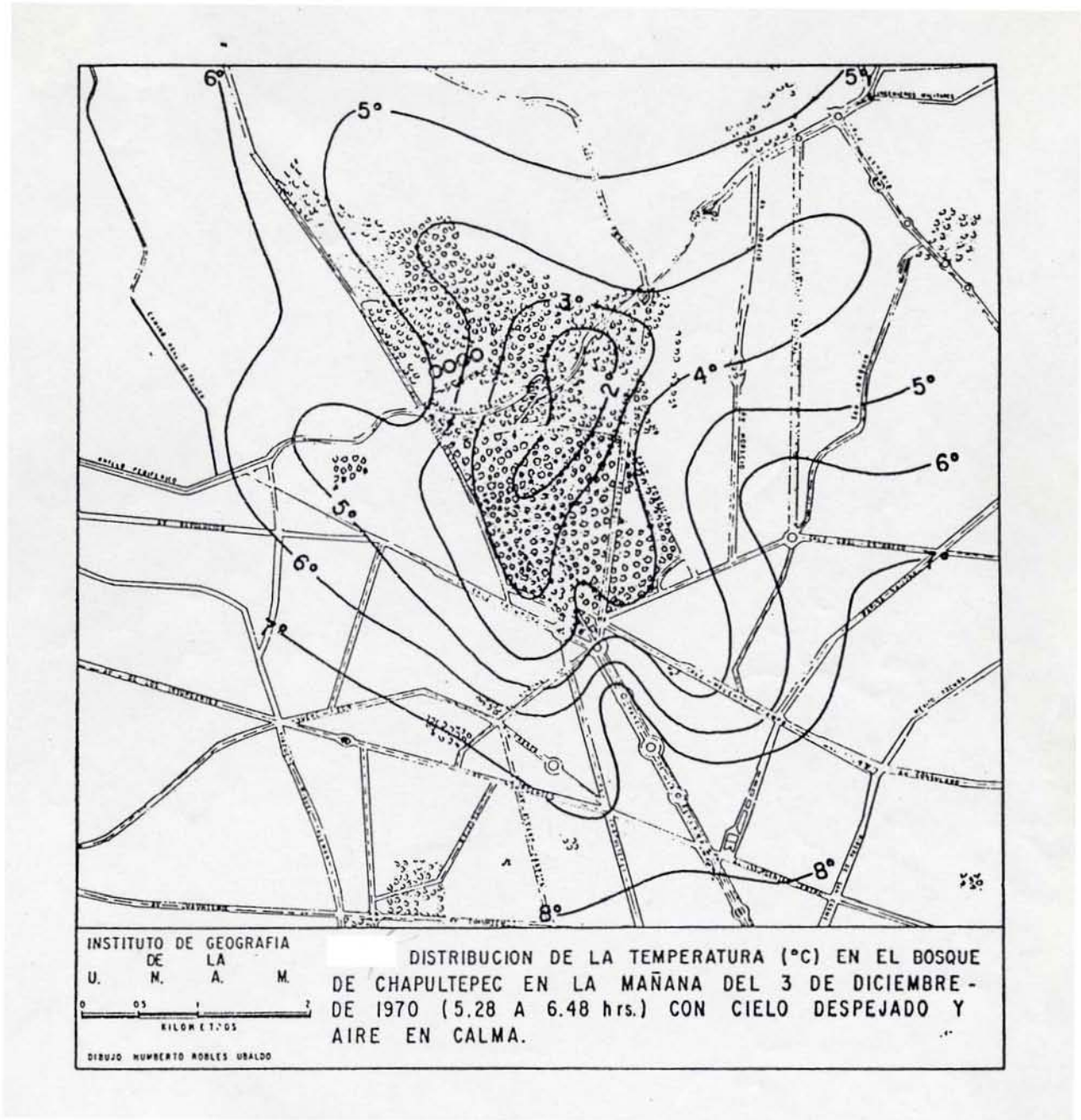


Figura 3.1. Jáuregui, (1975)

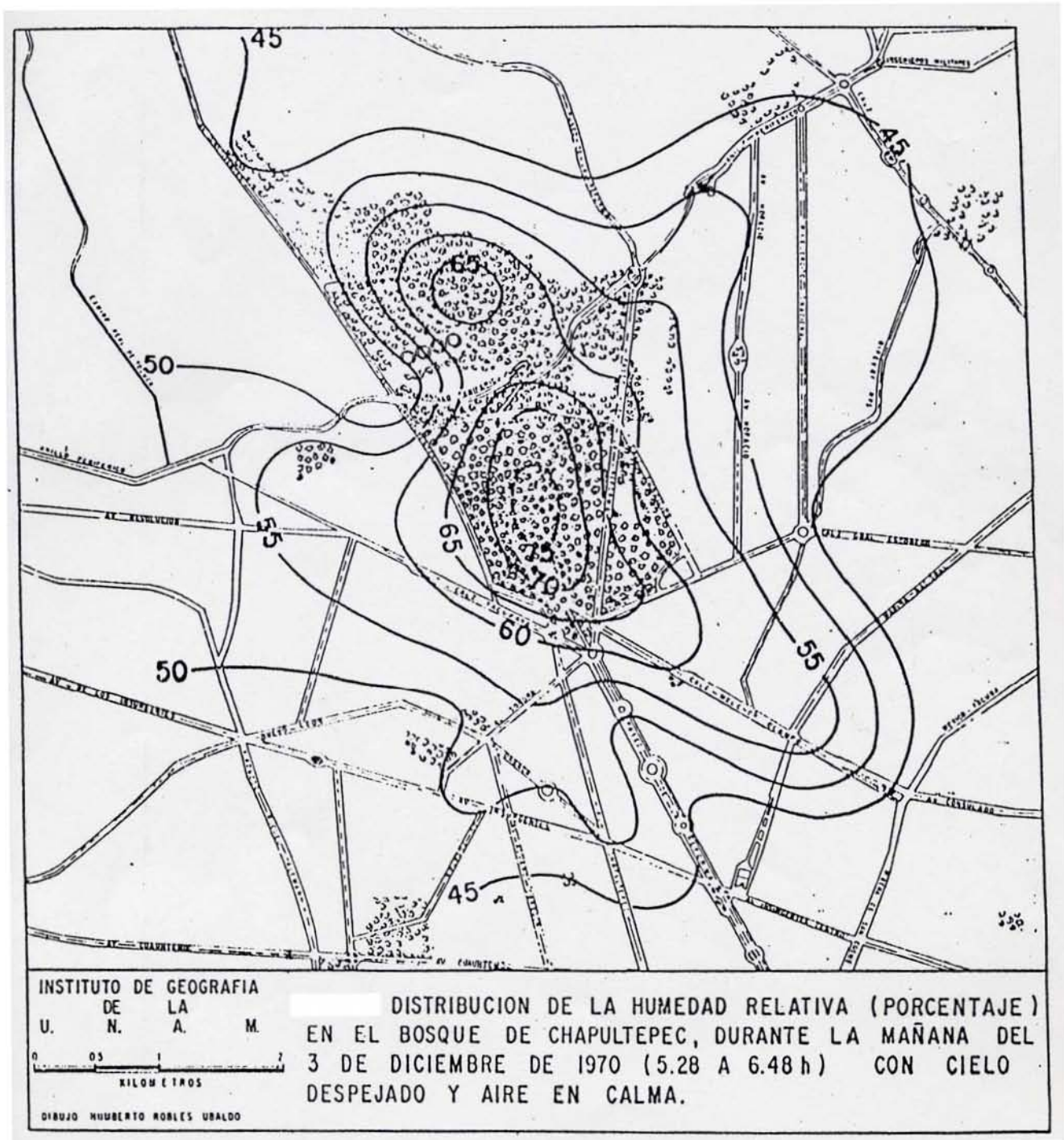


Figura 3.2. Jáuregui, (1975)

### 3.2 Observaciones recientes del microclima del Bosque de Chapultepec

Los recorridos en vehículos instrumentados sirven para documentar el contraste térmico o higrúico entre el bosque de Chapultepec y el entorno construido:

a) observaciones históricas del micro clima del bosque de Chapultepec.

b) El método de los recorridos en vehículo instrumentado (termómetro/psicrómetro) se ha utilizado desde hace décadas para investigar la distribución de la temperatura y la humedad que se registran en la ciudad (Sekiguti, 1951; Kratzer, 1957; Jáuregui, 1971, entre otros). Estos recorridos sirvieron para identificar y caracterizar el domo de aire tibio que se cierne en las ciudades comúnmente llamado "isla de calor".

Este método de recorridos vehiculares ha sido empleado para detectar los contrastes térmicos y de humedad que caracterizan las áreas verdes urbanas grandes. Por ejemplo, Herrinton et al, (1972), Chandler (1965), Jáuregui, (1973) y otros insisten en el papel que tienen las áreas verdes urbanas como sumideros de energía térmica y fuentes de humedad.

En el año de 1997 y en un trabajo de colaboración sobre el papel que desempeñan los lagos urbanos, Martínez y Jáuregui (2000) realizaron mediciones de temperatura, humedad y viento en el bosque de Chapultepec. En dicho proyecto el autor de esta tesis participó activamente en la preparación y realización de los recorridos en un vehículo instrumentado de motor trasero. El experimento se llevo a cabo el 17 de junio de 1997 entre las 6:45 y las 8:00 horas con cielo despejado y aire en calma. Se tomaron lecturas del termómetro seco y del húmedo de un psicrómetro (tipo Taylor) sujeto en el exterior del parabrisas del lado del copiloto. Las lecturas se hicieron en 21 puntos previamente seleccionados de modo que esta red de observación abarcara mediciones dentro del parque así como en su entorno, como lo muestra la figura 3.3. El recorrido concluyó en el sitio donde se iniciaron las mediciones, esta última lectura se comparó con la primera y la diferencia entre ambas fue repartida proporcionalmente en todos los puntos de observación.

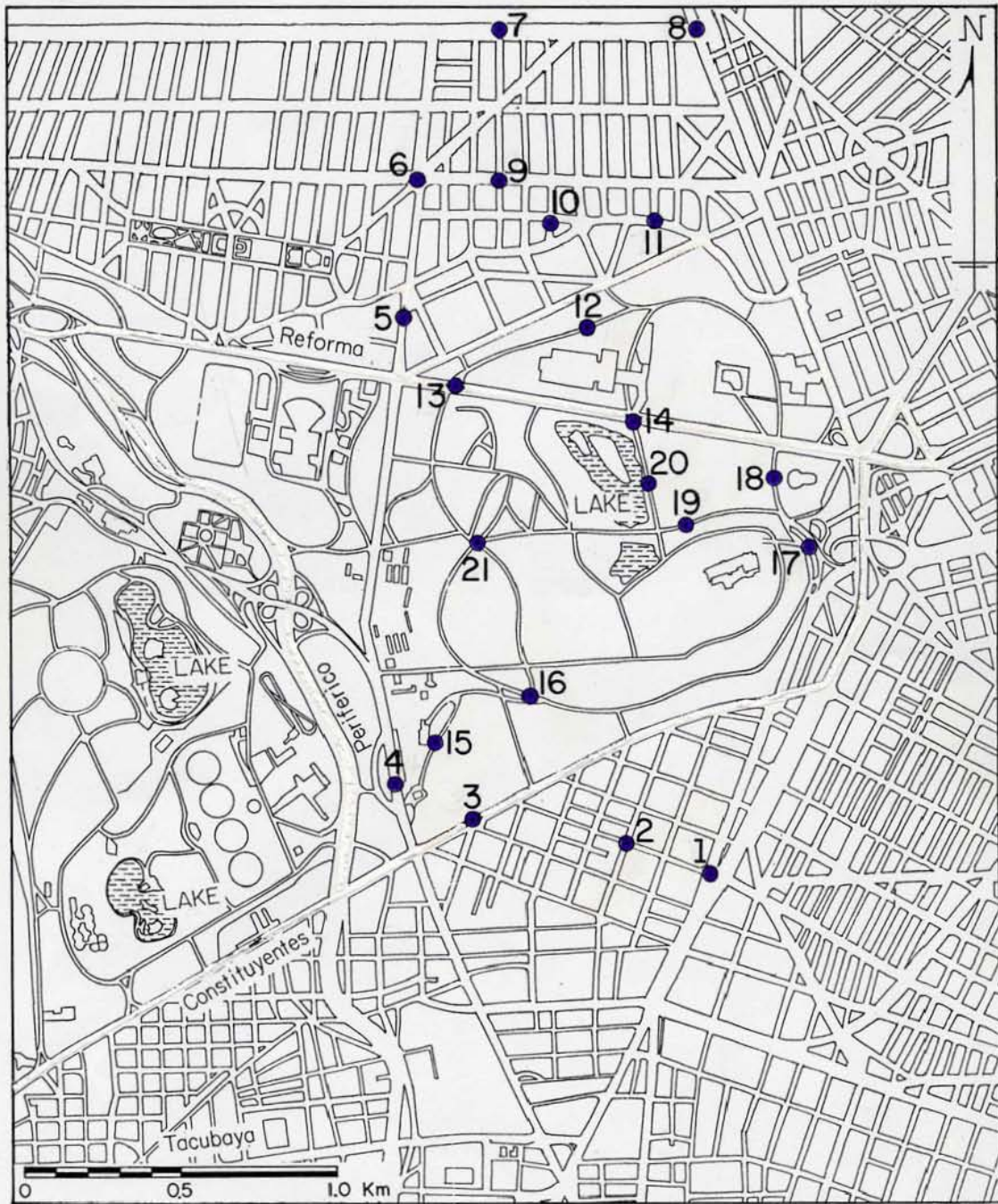


Figura 3.3. Sitios seleccionados para el recorrido de la mañana del 17 de junio de 1997 en Chapultepec. (Elaboró Alfonso Estrada).

En la Tabla 3.1 se muestran los datos observados del recorrido que se realizó en la mañana del 17 de junio de 1997, para su posterior análisis espacial.

Tabla 3.1. Datos observados en Chapultepec el 17 de junio de 1997.

<i>Lugar: Bosque de Chapultepec</i>				<b>Fecha: 17-06-97</b>	
<b>Estaciones</b>	<b>HORA</b>	<b>Ts (seco)</b>	<b>Tw (humedo)</b>	<b>Viento m/s</b>	<b>Cielo</b>
1.- Circuito Interior / Tornel	06:59	17.4	13.6	calma	Despejado
2.- General Cano / Tornel	07:04	17.6	13.4	calma	
3.- Puerta quebradoras	07:09	13.8	12.4	calma	
4.- Molino del Rey	07:10	13.2	12	calma	
5.- Arquimedes	07:15	19.2	13.8	calma	
6.- Arquimedes/Mazaryk	07:20	18.6	13.6	calma	
7.- Homero/Emerson	07:22	18.2	13.4	calma	
8.-Mariano Escobedo	07:24	17.8	13.2	calma	
9.- Mazaryk /Emerson	07:30	19.2	13.9	calma	
10.- Campos Elíseos	07:33	17.5	13.4	calma	
11.- Campos Elíseos	07:35	17	13.2	calma	
12.- Calzada Gandhi	07:38	13.6	12.4	calma	
13.- Gandhi /Reforma	07:50	13.2	12.2	calma	
14.- Reforma	07:52	13.4	12.2	calma	
15.- Puerta a Los Pinos	07:55	13.6	12.4	calma	
16.- Gran Avenida	07:58	13.3	12.8	calma	
17.- Monumento a los Niños Héroes	08:00	13.8	12.8	calma	
18.- Museo de Arte Moderno	08:15	13.5	13	calma	
19.- Calzada Gandhi	08:18	13.5	13.2	calma	
20.- Lago Mayor	08:20	13.8	12.8	calma	
21.- Fuente de las Ranas	08:25	13.4	13	calma	

Una vez corregidas las lecturas de cada sito se procedió a verter la información en un mapa. El resultado que aparece en la Figura. 3.4 muestra como en la mañana del 17 de junio el aire del bosque fue 6°C más fresco que el entorno urbanizado, confirmando los resultados obtenidos por Jáuregui en los años de la década de los 70's (ver Figuras. 3.1 y 3.2).



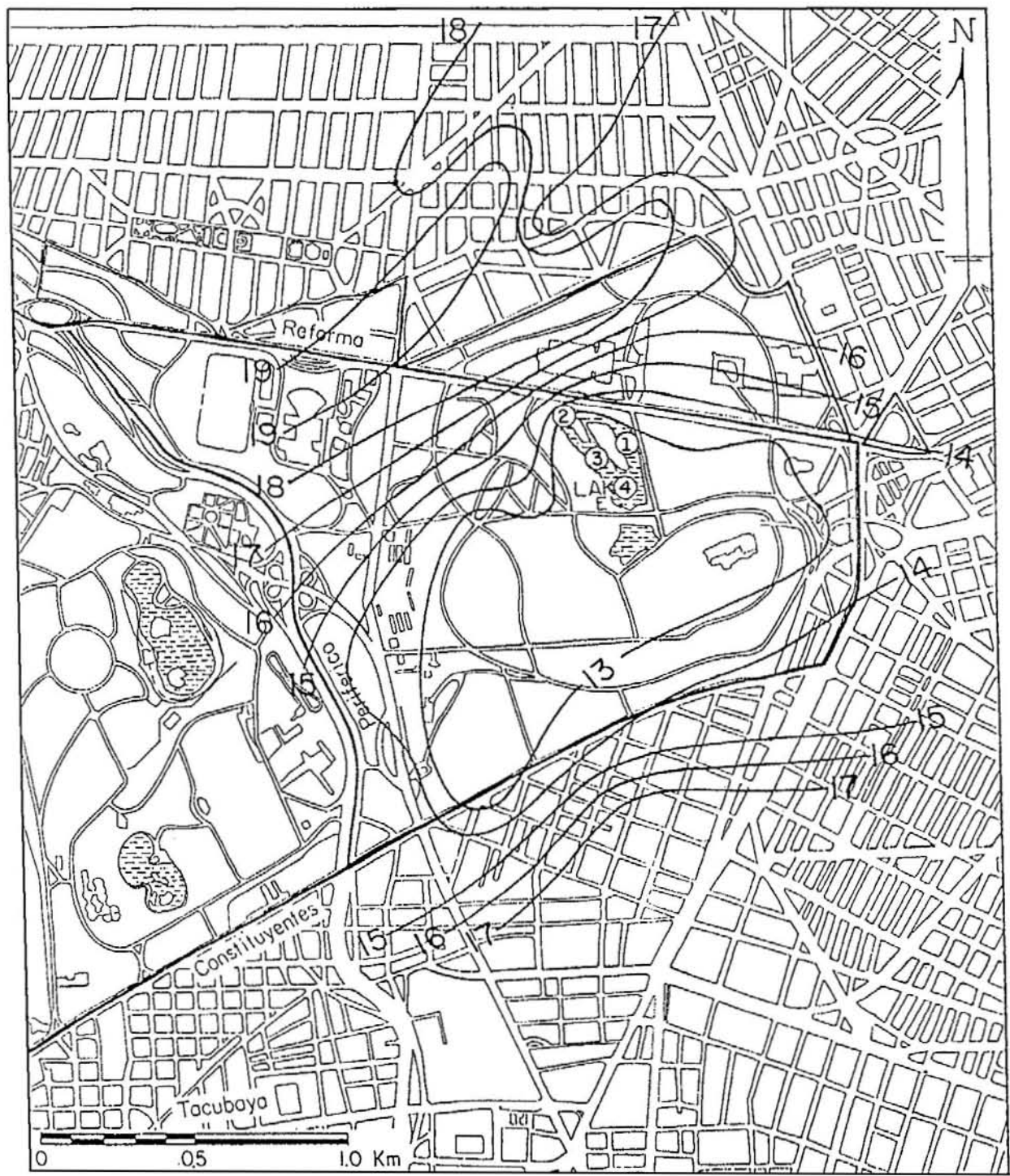


Figura 3.4. Distribución de la temperatura el 17 de junio de 1997. Martínez y Jáuregui (2000).

Para obtener la distribución de la humedad en el bosque, primero se calculó la humedad relativa a partir de las lecturas de temperatura del bulbo seco y del bulbo húmedo haciendo uso de las tablas psicrométricas para cada punto de observación. Los valores obtenidos de dicha tabla se asentaron en cada punto del recorrido, los resultados aparecen en la Figura 3.5 donde se aprecia que la humedad del aire en el interior del bosque es mayor (30%) que en el perímetro, coincidiendo aproximadamente con las mediciones hechas en los años setenta por Jáuregui, Figuras 3.1 y 3.2.).

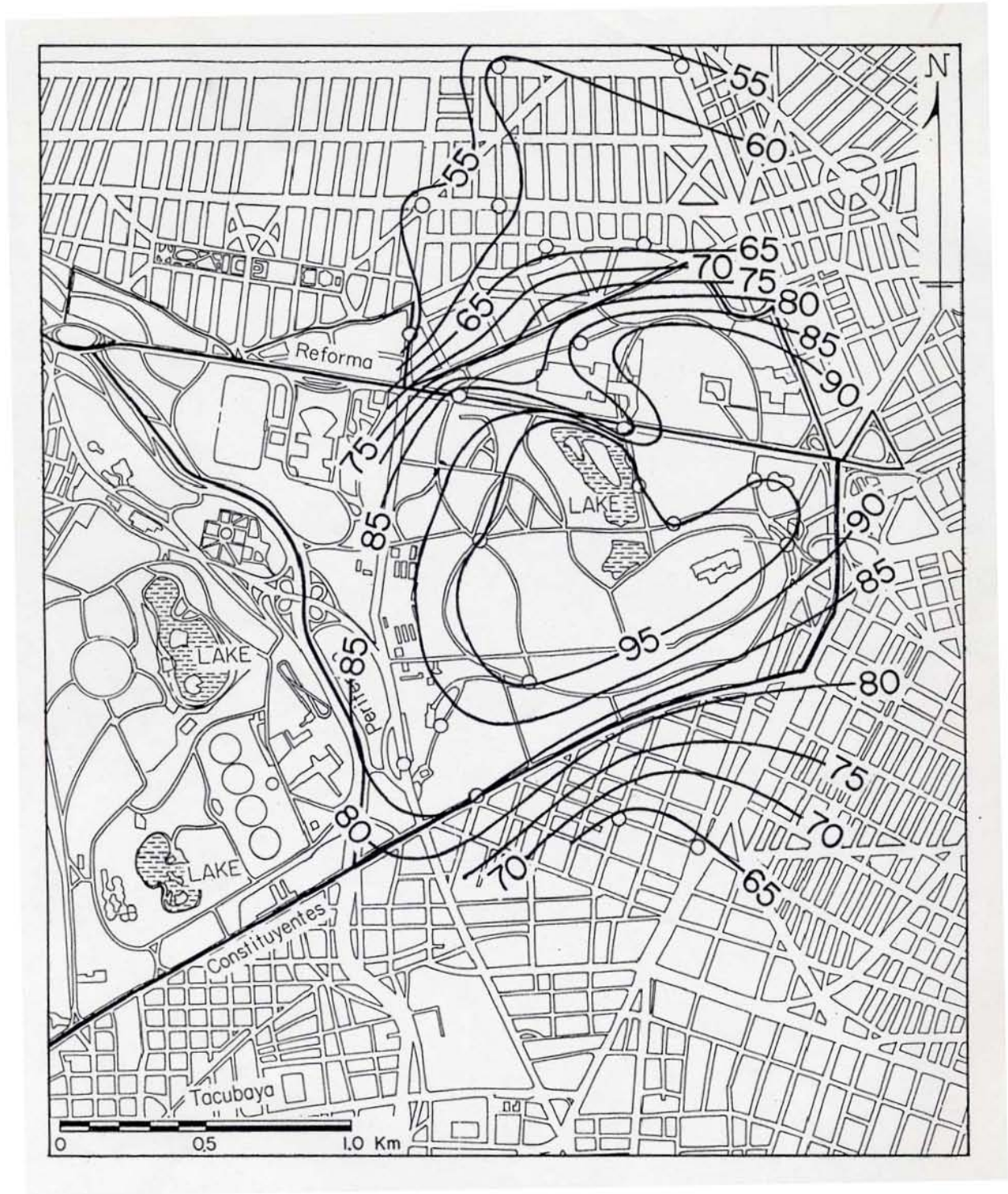


Figura 3.5. Distribución de la humedad relativa el 17 de junio de 1997. Martínez y Jáuregui (2000).

El objetivo de realizar nuevas mediciones de temperatura y humedad, entre otros, fue constatar que las distribuciones de temperatura y humedad del bosque *no han variado significativamente en los 37 años transcurridos* desde las primeras mediciones. Lo anterior, a pesar que la urbanización alrededor del Bosque de Chapultepec creció de forma desmedida en el periodo mencionado, no ejerce una influencia por el calentamiento creciente del aire urbano debido al efecto de la "isla de calor" (cuyo núcleo se ubica algo distante hacia el centro histórico) (Figura. 3.6) y no parece haber afectado el microclima del bosque en cuanto a los gradientes térmicos y de humedad.

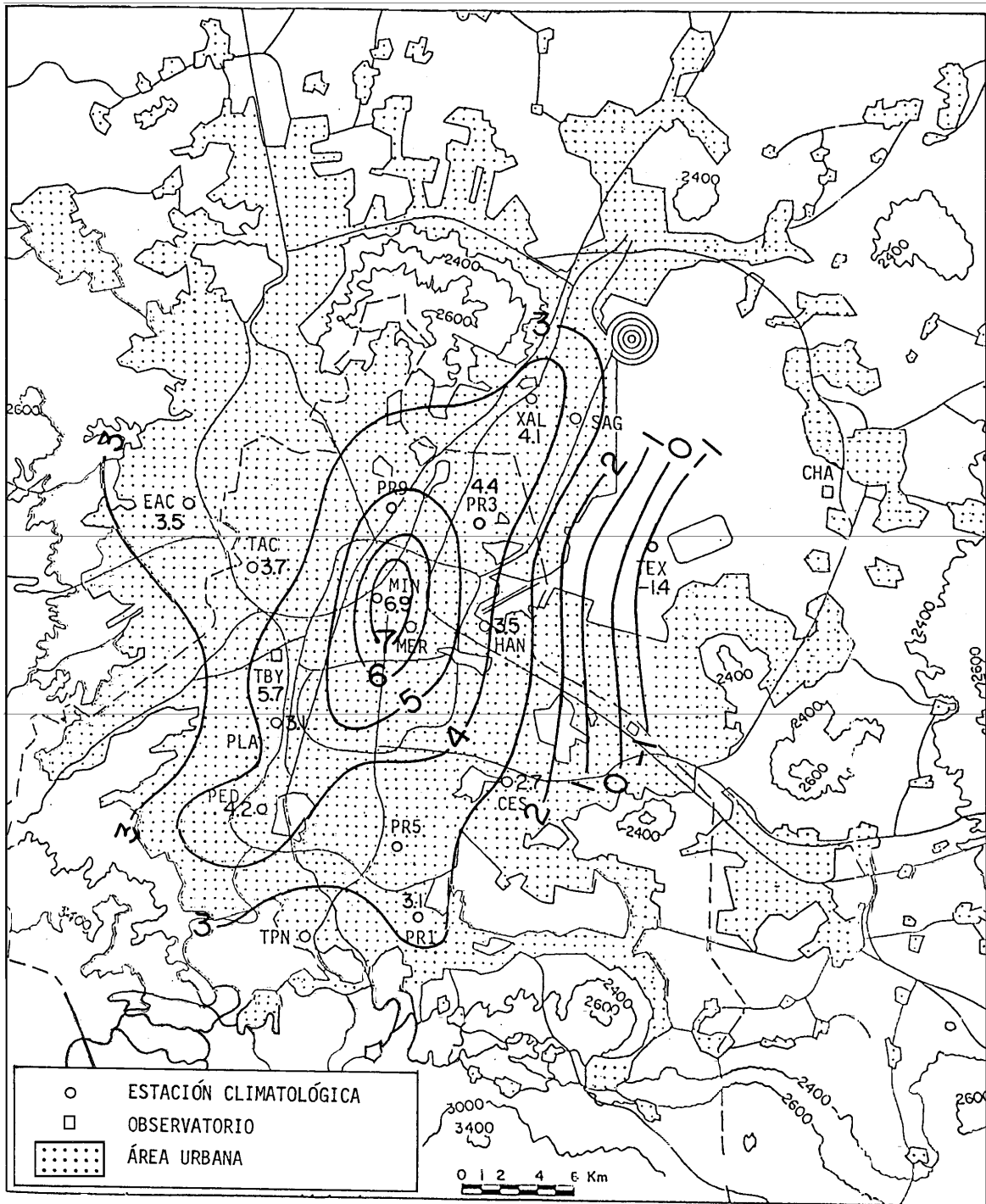


FIG. 9. LA ISLA DE CALOR EN LA CIUDAD DE MÉXICO (°C) EL 13 DE ENERO DE 1997 A LAS 6 AM.

Figura 3.6. Jáuregui (2000).

### 3.3 HUMEDAD ESPECÍFICA

Una forma de describir el contenido de humedad, además de la humedad relativa, es calcular la humedad específica expresada por el cociente de dividir la masa de vapor de agua entre la unidad de masa del aire húmedo, es decir:

$$q = 0.622 \frac{e}{p}$$

donde **e** = tensión de vapor a temperatura ambiente (hPa)

**p** = presión atmosférica del lugar (hPa)

En la figura 3.7 aparece la distribución de la humedad específica **q** que carece de unidades ya que tanto **e** como **p** están expresados en hectopascales. Para comodidad, **q** se expresa en gr/kg, es decir, gramos de agua por kilogramo de aire. El gradiente de humedad específica expresado por **q** fue del orden de 2.8 gr/kg entre el núcleo del bosque y su perímetro en la mañana del 17 de junio de 1997, según se aprecia en la Figura.3.7 lo que significa un incremento del 25% de humedad específica hacia el interior del parque de Chapultepec.

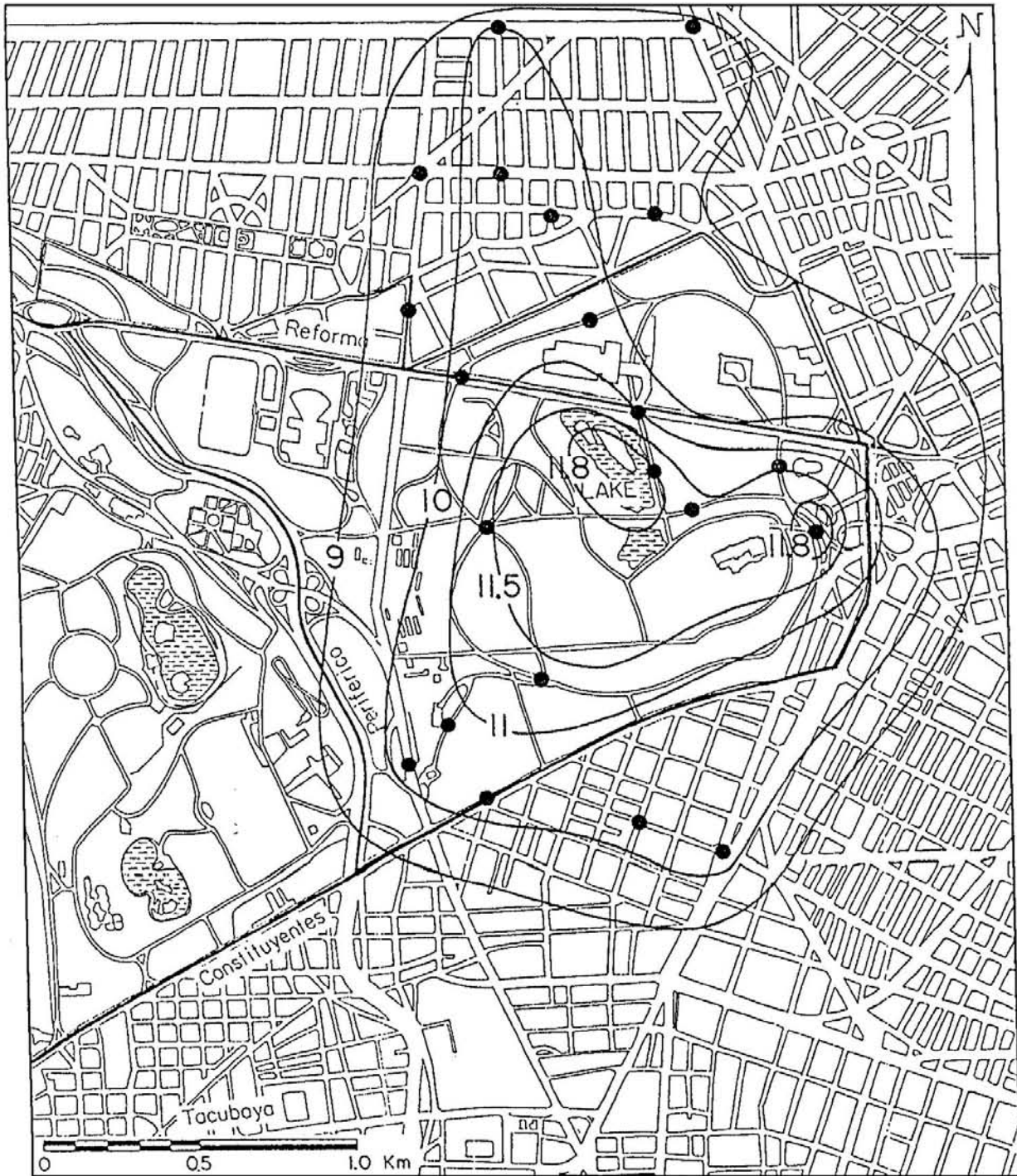


FIGURA 3.7. Distribución de la humedad específica del 17 de junio de 1997. Martínez y Jáuregui, (2000).

El resultado anterior confirma que durante el último tercio del siglo XX, el microclima del bosque de Chapultepec permaneció invariable en su distribución espacial de los gradientes higrotérmicos. Las diferencias absolutas se deben atribuir a que las primeras evaluaciones microclimáticas se realizaron en la época de secas (diciembre) habiéndose registrado temperaturas considerablemente mas bajas (de hasta 2°C ) que las observadas en el núcleo del bosque en junio, mientras que las más recientes se llevaron a cabo en un mes de lluvias cuando el ambiente atmosférico contiene mayor humedad. Por lo anterior se puede concluir que, a pesar de la influencia creciente de la intensidad isla de la calor (Figura. 3.6) debido al crecimiento de la mancha urbana y de la población de la ciudad de México en las últimas décadas (Figuras 3.8 y 3.9), así como la tendencia decreciente de la humedad relativa (Figura 3.10) el microclima del bosque parece haber permanecido sin variación apreciable.



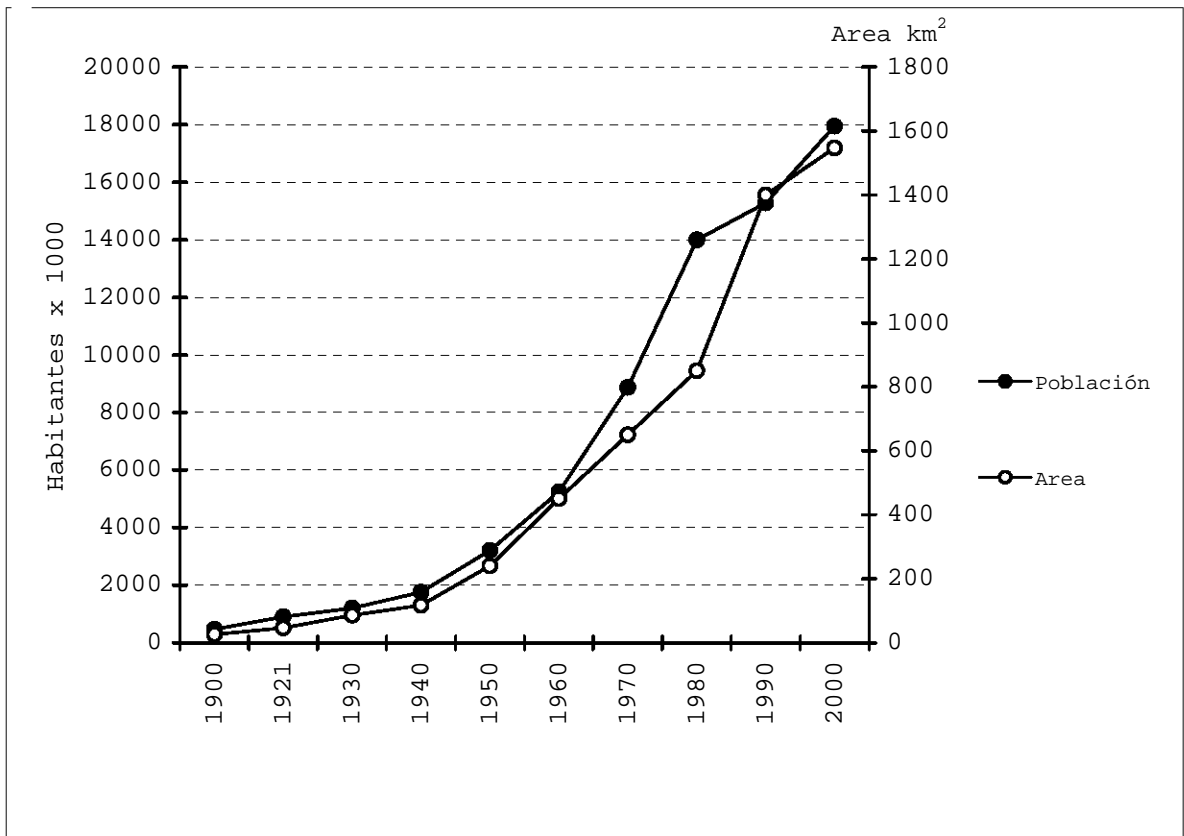


Figura 3.8. Crecimiento de la población en la ciudad de México y área de los asentamientos urbanos (por décadas) 1900-2000. Jáuregui, Carta 4 Atlas Nacional de México Instituto de Geografía UNAM (por publicarse).



Figura 3.9. Zona Cuatepec barrio alto y barrio bajo.  
Fuente [www.imagenesaereasdemexico.com](http://www.imagenesaereasdemexico.com) (2003)

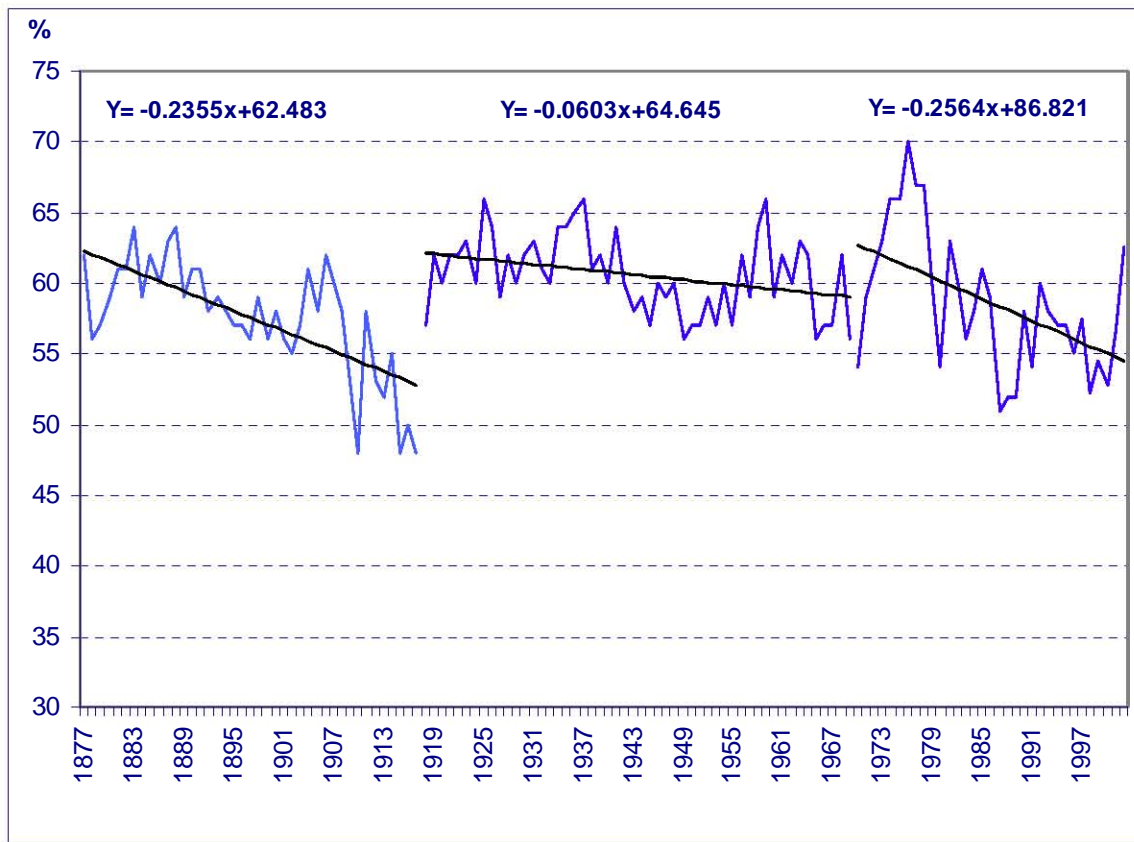


Figura 3.10. Promedio anual de humedad relativa en Tacubaya y tendencias. Periodo 1877-2002.

## CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo muestran que los recorridos que se hicieron en junio de 1997 y los hechos por el Dr. Ernesto Jáuregui en diciembre de 1970 en el Bosque de Chapultepec son similares a pesar de no realizarse en el mismo mes, mostrando la influencia del parque urbano como regulador térmico de la temperatura y atenuador de la "Isla de Calor", producto de la urbanización de la Ciudad de México sobre el clima urbano de la ciudad.

Los mapas realizados con los datos obtenidos de la observaciones del junio de 1997 en Chapultepec son semejantes a los que se hicieron en 1970 donde se observa que al interior del bosque las temperaturas son 6°C más bajas en que fuera de él. Asimismo sucede con la distribución de la humedad relativa, la cual es 40% más alta dentro del bosque que en su entorno quedando demostrada la importancia que un área con vegetación dentro de la ciudad funciona como atenuador del impacto de la urbanización en el medio ambiente.

En cuanto a las temperaturas sucede algo similar a nivel ciudad donde las temperaturas son más elevadas en el centro donde se concentra la "Isla de Calor" y disminuyen hacia la periferia o en áreas cubiertas de vegetación como el Bosque de Chapultepec, la parte sur de la ciudad, donde se encuentra

el bosque Tlanpan, entre otros con áreas donde hay cuerpos de agua como Xochimilco y el Lago de Texcoco.

Respecto a la ciudad muestra una humedad relativa menor pues la vegetación es escasa o nula y es mayor en los sitios donde están los parques urbanos o los cuerpos de agua.

El propósito de este trabajo ha sido evaluar el efecto a escala local que tiene el área verde del bosque de Chapultepec en el clima urbano de la ciudad de México. Los resultados ilustran el beneficio que ejercen en el ámbito urbano. Este conocimiento habrá de servir para evaluar la importancia de las áreas verdes de la ciudad capital o cualquier otro sitio. Haría falta realizar todavía más mediciones, desde las más simples como las que utilizan un vehículo instrumentado con un psicrómetro así como también aquellas que demandan un instrumental más elaborado como son las observaciones de balance energético.

El papel de las áreas verdes en la ciudad es fundamental. Como se pudo observar, mitigan el efecto de la "isla de calor" producido por la urbanización. Conforme a los datos expuestos, el micro clima del Bosque de Chapultepec en esencia no ha sufrido modificaciones en las últimas décadas a pesar de la urbanización. siendo mayor el efecto del bosque hacia la ciudad que de la ciudad al bosque.

Por último, se recomienda que para atenuar el impacto de la urbanización sobre el clima de la Ciudad de México se proceda a la siembra de más árboles en las calles, con especies

vegetales que no requieran de mucho mantenimiento ni mucho agua, ya que no se cuenta con espacios disponibles para crear más parques urbanos. Siempre en la época calurosa buscamos la sombra de un árbol para descansar.

## Referencias.

- Akbari, H., Taha, H., Huang, J., Rosenfeld, A. (1986)  
Undoing uncomfortable summer heat island can save gigawatts of peak power. Proceedings of ACEEE Summer study on Energy Efficiency in Buildings, August 1986, Santa Cruz, California 2, 7-22.
- Barradas, V.L., J-Seres, R.(1988)  
Los pulmones urbanos. Ciencia y Desarrollo. No. 78 Años XVIII 61-72 pp.
- Cohen, E., Rodríguez L. M. (2003).  
los árboles de la zona metropolitana del valle de México  
[www.jornada.UNAM.mx/2003/sep03](http://www.jornada.UNAM.mx/2003/sep03)
- Chandler, T. (1962)  
The climate of London, Londres Hutchison Geogr.Journal,128.
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Región sur (1993).  
Beneficios de los árboles urbanos. Reporte forestal R8- FR41 U.S.A. 12pp.
- Escurra, E.(1990)  
De las chinampas a la megalópolis. FCE Colección la Ciencia desde México No. 91, 119pp.
- Frederich, E. H.(1961)  
A study of tree leaves on wind moment.  
Monthly Weather Review, Vol. 89:39-49.
- Guía Roji (2004)  
Ciudad de México, área metropolitana y alrededores.
- Guía Roji (2005)  
Ciudad de México, área metropolitana y alrededores.
- Grimmond, S. (1996)  
Influence of tree cover on summertime surface energy balance fluxes. Climate Research. 6,45-57.
- Herrigton, L.P., Bertohin G.E., and R.E. Leonard.(1972)

Of conference on the Urban Environment Amer. Meteor. Soc.  
Boston, 43-44.

Honjo, T., K. Narita, H., Sugawana, T. Mikami, K., Kimura and N.,  
Kuwata, (2003)  
Observations of cool island effects in urban park (Shinjuku  
Gyoen). Proceedings Vol. 2 International Conference on Urban  
Climate. Lodz, Poland, 1-5 September 261-264 pp.

Howard, L. (1833)  
The climate of London.

Huang, Y. J. Akbari, H. Taha, H. Rosenfeld, A. H. (1987)  
The potential of vegetation in reducing summer cooling loads  
in residential buildings.  
J. Clim. Appl Met. 26, 1103-1116.

Jáuregui, E. (1971)  
Microclima de la Ciudad de México. Inst. de Geografía 88pp.

Jáuregui, E. (1975)  
Microclima del Bosque de Chapultepec Bol. No.6 Inst. de  
Geografía UNAM 63-72

Jáuregui, E. (1984)  
El clima urbano de la Ciudad de México.  
La Climatología Urbana y sus Aplicaciones con Especial  
Referencia a las Regiones Tropicales. Conferencia Técnica OMM  
26-30 noviembre Ciudad de México 55-74pp.

Jáuregui, E. (1991)  
Influence of large urban park on temperature and convective  
precipitation in a tropical city. Energy and Buildings, 15-16,  
457-463.

Jáuregui, E. (2000)  
El clima de la ciudad de México. Temas selectos de Geografía.  
Instituto de Geografía UNAM. pp 131. Plaza y Valdés editores.

Jáuregui, E. (2004)  
Impact on the land-use changes on the climate of the Mexico  
City region. Investigaciones Geográficas.  
Boletín del Instituto de Geografía UNAM No. 55. pp. 46-60.

Kratzer, P.A. (1957)



Das Stadtklima, Die Wissen schaft Vol. 90, Brunsvick, Vieweg, 184 pp.

Martínez-Arroyo, A. y E. Jáuregui, (2000)

On the environmental role of urban lakes in Mexico City. Urban Ecosystems, 4: 145-166.

Martínez, L. y A. Chacalo, (1994)

Los árboles de la ciudad de México. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco 251 pp.

Moreno, Ma. C. (1993)

Estudio del clima urbano de Barcelona, la "Isla de calor" Tesis de Doctorado. Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional de la Universidad de Barcelona (España). 193 pp.

Nava, J.P., (1988)

Inventario del Bosque de Chapultepec. Tesis. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM. 236 pp.

Oke, T.R. (1988)

The urban energy balance, Progress in Phyisics Geography, 12, 471-508.

Oke, T.R. (1989)

The micrometeorology of the urban forest. Phil. Trans. R. Soc. of London. B 324, 335-349.

Potchen, O. P., Y. Cohen, Y. Yaakov y A. Bitan, (2003)

The climatic behavior or various types or urban parks in coastal Mediterranean city during the summer (The case of Tel Aviv Israel). Proceedings Vol. 2 International Conference on Urban Cliamte. Lodz. Poland, 1-5 Septiembre, 281-284 pp.

Secretaría del Medio Ambiente, Gobierno de la Ciudad de México  
[www.sma.df.gob.mx](http://www.sma.df.gob.mx).

Sekiguti, T., (1951)

Humidity and temperature distribution and land use. Geogr. Rev. Japan 24,404-411.

Taha,H. Akbari, H., Rosenfeld, A., Huang, J. (1988)

Residential cooling loads ann the urbamn heat island the effects of albedo. Building and Evironment 23, 271-283

Tejeda, A., (1996)

Sobre mediciones y parametrizaciones del balance energético y la estabilidad atmosférica en la Ciudad de México. Tesis Doctoral. División de Estudios de Posgrado, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM 87pp.

Tovar, E., (1978)

Estudio descriptivo de los árboles y arbustos más comunes del Bosque de Chapultepec. Tesis Facultad de Ciencias UNAM 183pp.

Wainwright, C. And Wilson, M. J. (1962)

Atmospheric pollution in a London *Park*. International Journal Air Water Pollution, Vol. 6:337-343

Fuentes fotográficas:

Briquet, A. (1883). Paseo de la Reforma Fundación. Televisa.

Briquet, A. (1910) Paseo de la Reforma Fundación Televisa.

[www.imagenesaereasdemexico.com](http://www.imagenesaereasdemexico.com)