

CLIMATOLOGÍA URBANA

M^a Carmen Moreno García

Departament de Geografia Física i Anàlisi Geogràfica Regional



UNIVERSITAT DE BARCELONA



TEXTOS DOCENTS

160

CLIMATOLOGÍA URBANA

M^a Carmen Moreno García

Departament de Geografia Física i Anàlisi Geogràfica Regional

Publicacions i Edicions



UNIVERSITAT DE BARCELONA

U

B

*A Javier, que ha participado también de esta
gestación, por su constante aliento.*

*Y a Alba y Adán, quienes, con sus juegos y
risas, pusieron la música de fondo.*

INTRODUCCIÓN

I. LA ASIGNATURA EN EL MARCO DEL PLAN DE ESTUDIOS.

I.1.- La asignatura y la materia.

La asignatura de Microclimatología (Climatología urbana) para la que está diseñado especialmente este texto-guía se incluye dentro de la materia de Climatología de la Licenciatura de Geografía de la Universitat de Barcelona. Se trata de una asignatura optativa de 6 créditos teórico-prácticos del 2º Ciclo, es decir, que sólo se puede cursar en 3º o 4º curso. Mediante esta optativa se trata de ofrecer al alumno un acercamiento a uno de los enfoques aplicados más modernos y recientes en el estudio del clima en nuestro país, como es el de la Climatología urbana y el clima de las ciudades.

El nivel requerido es el correspondiente a un 2º Ciclo de la Licenciatura, un nivel de especialización, en el que se pretende que el alumno interesado por la Geografía Física y, especialmente, por la Climatología, pueda acceder al conocimiento detallado y preciso de los mecanismos que operan en el clima de las ciudades, donde las modificaciones ambientales involuntarias causadas por el hombre se han hecho un hueco destacado. Para que el alumno pueda asimilar del mejor modo los contenidos propuestos en esta asignatura, son absolutamente necesarios e imprescindibles una serie de conocimientos previos. Los conocimientos previos requeridos de partida son los correspondientes a un primer nivel elemental acerca de los fundamentos básicos del clima, en general (como los que se proporcionan en la asignatura obligatoria de primer curso: Climatología) y los referidos a un segundo nivel más avanzado o de especialidad (como el proporcionado por la obligatoria de tercer curso: Climatología analítica). El bagaje de conocimientos previos puede verse ampliado y completado con la oferta existente de asignaturas optativas de la materia de Climatología, especialmente, las de primer Ciclo. En el siguiente esquema puede verse la distribución y localización por cursos de todas las asignaturas de la materia de Climatología, incluida la Microclimatología (Climatología urbana), impartidas en el último curso 1997-98. El grupo de asignaturas optativas de la materia de Climatología se completa con algunas previstas en 2º Ciclo que todavía no se han llegado a impartir como Dinámica del Clima o Clima y contaminación.

1º y 2º Curso		3º Curso	
Obligatorias		Optativas	
1Q	CLIMATOLOGÍA	CLIMAS TIERRA	CLIMAT.ANALÍTICA
2Q		CLIMAT.SINÓPTICA	
			MICROCLIMATOLOGÍA
			ANÁL.IMÁG.METEOSAT
			BIOCLIMATOLOGÍA
			CLIMAT.SIT.RIESGO
			CLIMAT.HISTÓRICA
			CLIM.MEDITERR.OCC.
Primer Ciclo		Segundo Ciclo	

I.2.- Relación con otras asignaturas.

Por afinidad temática la asignatura de Microclimatología (Climatología urbana) se relaciona con otra serie de asignaturas, con las que mantiene algunos puntos de interés comunes. En primer lugar, dentro del grupo de las que integran la materia de Climatología, con la que se vincula más directamente es con la optativa de 2º Ciclo: Clima y contaminación atmosférica. También se establecen lazos de unión con otras asignaturas de Geografía, pero que no corresponden a la misma área de conocimiento de la Geografía Física, como sería el caso de la asignatura de Geografía Urbana y afines. Y, asimismo, habría también una vinculación con asignaturas no ya de Geografía, sino correspondientes a otras disciplinas, impartidas en diferentes Licenciaturas, tales como las referidas al Urbanismo, la Arquitectura y la Ecología urbana. Todo este entramado de relaciones se produce entre asignaturas de un mismo nivel (el ya citado correspondiente a un 2º Ciclo).

Por el momento no existe ninguna asignatura posterior que haya contemplado el seguimiento o continuidad de los contenidos formulados en ésta. No obstante, podrían darse ciertas vinculaciones con alguna asignatura específica de Tercer Ciclo de temática afín.

II. EL PROGRAMA.

II.1.- Objetivos generales.

En la planificación docente de cualquier asignatura, los objetivos tienen una gran importancia. Si se quiere conseguir una planificación realmente coherente con los contenidos y las actividades, debe cuidarse con todo detalle la formulación de los objetivos previstos, ya que éstos nos orientarán sobre los criterios de selección de dichos contenidos y sobre la estructura de las actividades a realizar.

En la formulación de los objetivos correspondientes a esta asignatura se han tenido en cuenta algunas consideraciones que han guiado su diseño. Por una parte, a fin de lograr una definición concreta de dichos objetivos, se ha procurado redactarlos, enunciándolos de la manera más concisa posible, haciendo constar lo que se pretende conseguir de forma clara y precisa. Por otra parte, se han decidido teniendo presente que deben ser objetivos, fundamentalmente, realistas, esto es, que deben poderse cumplir. Asimismo, se han planteado sin olvidar las características específicas de los alumnos que cursan esta asignatura y el ámbito concreto de aplicación, con los medios e infraestructura técnicas actuales disponibles.

A continuación, siguiendo la estructura habitual ya clásica de algunas de las propuestas didácticas más conocidas, se señalarán los objetivos generales previstos, divididos en tres tipos:

- .objetivos de conocimiento (consistentes en la adquisición y aprendizaje de los conceptos básicos de la materia)
- . objetivos de habilidad (referidos al manejo y dominio de las técnicas más útiles)
- . objetivos de actitud (relacionados con el desarrollo de determinados comportamientos y actitudes)

Los objetivos específicos, mucho más concretos, se incluyen más adelante, antes del desarrollo del contenido de cada uno de los temas.

Los objetivos generales planteados son los siguientes:

a) Conocimientos

- Conocer las bases teórico-conceptuales de la Climatología urbana y las técnicas de representación gráfica y cartográfica.
- Adquirir la terminología científica propia de la especialidad, con los principales conceptos-clave.
- Introducir al alumno en el estudio y experimentación del análisis y tratamiento de los datos climáticos urbanos.
- Capacitar para saber seleccionar adecuadamente la aplicación de diferentes métodos y técnicas para el estudio del clima urbano.
- Obtener y valorar fuentes de información de interés en las investigaciones en Climatología urbana.

b) Habilidades

- Adquirir las técnicas de tratamiento, elaboración y presentación de datos numéricos, así como

las de representación gráfica y cartográfica de más interés en Climatología urbana.

- Manejar con destreza e interpretar correctamente la información documental gráfica y cartográfica referida al clima de las ciudades.
- Familiarizarse en el uso y manejo de diferentes técnicas e instrumentos para la medición y obtención sobre el terreno de datos climáticos urbanos.
- Formación de profesionales capacitados para desarrollar adecuadamente tareas de planificación en materia de clima urbano.

c) Actitudes

- Desarrollar y mantener una permanente actitud de curiosidad e inquietud científica, fomentado el interés en los alumnos por el tema del medio ambiente urbano.
- Cultivar la capacidad de reflexión y argumentación, así como un espíritu crítico.
- Valorar las ventajas del trabajo pluridisciplinar y en equipo en el estudio del medio físico urbano.

II.2.- El contenido temático.

El contenido temático se concreta en un programa teórico integrado por 9 temas, que se desarrollan en los capítulos siguientes, y un programa práctico integrado por diferentes sesiones.

El programa teórico se desarrolla con la presentación, exposición y explicación de cada uno de los temas, añadiendo al final, la indicación al alumno de las referencias bibliográficas oportunas que le permiten el seguimiento del tema e, incluso, su ampliación si es preciso, así como la sugerencia de algún material específico de lectura, que pueda servirle como complemento y motivo de reflexión, además de procurarle una base para suscitar un debate o sesión con su participación activa. Asimismo, también se incluye al final de cada tema la propuesta de una serie de ejercicios o cuestiones que pueden ser desarrolladas y resueltas por los propios alumnos.

El programa práctico se va intercalando dentro del programa teórico, en el momento más adecuado. Así, una vez que se han presentado ya de un modo teórico las diferentes técnicas para el estudio del clima urbano puede hacerse una sesión práctica de iniciación al trabajo de campo para que los alumnos conozcan directamente el manejo y funcionamiento de algunos instrumentos meteorológicos portátiles, especialmente indicados para el estudio del clima urbano, como es el de los termohigrómetros digitales con sonda de ambiente. Otra sesión práctica puede dedicarse a efectuar una visita guiada a una estación de control de la contaminación atmosférica urbana; cada año o varios años se puede variar e ir alternando otras estaciones con diferentes emplazamientos o pertenecientes a distintas redes de vigilancia. Este programa práctico puede completarse con la realización de los ejercicios que se proponen al alumno y que llevará a cabo en un cuaderno de prácticas.

Se ha seleccionado también una amplia bibliografía que se incluye al final de este texto-guía, ordenada por temas, además de un apartado de obras de carácter general y otro de recopilaciones bibliográficas. En dicha bibliografía constan tanto las referencias citadas en los diversos temas del texto como otras complementarias. Se ha tratado en la medida de lo posible de incluir referencias que fueran fácilmente accesibles y consultables en un contexto universitario. De todo el extenso volumen de publicaciones acerca del clima urbano, este listado constituye tan sólo una selección especialmente escogida para cumplir con los objetivos propuestos señalados en el apartado anterior. Se han incorporado también algunas direcciones de las páginas WEB de diferentes centros y organismos que pueden ser de interés en este campo para su consulta a través de INTERNET. Sólo se trata de una escueta muestra sobre las múltiples posibilidades y numerosas informaciones que ofrece la red en torno a este tema. El apartado de documentación bibliográfica se completa con la mención de las revistas especializadas en esta temática, así como de otras donde suelen aparecer también con cierta frecuencia artículos de interés relacionados con el clima urbano.

Asimismo, se añade finalmente un amplio glosario que recoge los principales términos y palabras clave en Climatología Urbana, con la equivalencia en catalán, inglés y francés, así como una completa definición de cada una.

Para conseguir los objetivos propuestos en el apartado anterior hay que diseñar y poner en práctica una determinada estrategia didáctica que nos permita conseguir nuestro propósito. Un procedimiento clave para ello lo constituyen las clases teóricas, cuyo método pedagógico debe basarse en una exposición dinámica y, al tiempo, rigurosa de los apartados de cada tema por parte del profesor. Él guiará ágil y

adecuadamente la exposición, teniendo siempre muy presente los rasgos y características del grupo de alumnos a la que va dirigida, y procurando evitar el desorden expositivo, para lo cual es conveniente que en diversos momentos a lo largo de la misma se hagan referencias constantes al punto del esquema en que nos encontramos. En estas clases teóricas el profesor no se limitará únicamente a la transmisión de unos determinados contenidos informativos, sino que debe intentar ir algo más allá: sugerir temas de estudio o investigación, suscitar un espíritu crítico, estimular y encauzar posibles inquietudes científicas o procurar las herramientas indispensables que permitan adentrarse y profundizar en nuevos temas, por ejemplo.

En el desarrollo de estas clases teóricas es conveniente la alusión y el comentario de experiencias reales y próximas, o bien de casos referidos a problemáticas de actualidad; tanto unas como otras suelen despertar un gran interés, permitiendo acceder con una mayor facilidad a los conceptos de la materia. Asimismo, el empleo, por parte del profesor, de un vocabulario técnico será habitual, ya que, así, el alumno se va familiarizando con él y se facilita en gran medida la adopción rápida de la terminología correspondiente por su parte sin un gran esfuerzo aparente, y sin que se vea menoscabada por ello la claridad de la exposición. Por esta razón es aconsejable que se mantengan siempre, ya sea en la pizarra o en transparencias, los títulos de los temas y apartados del programa, o que se escriban de un modo bien claro y preciso los términos clave que se vayan introduciendo en las explicaciones.

Las clases teóricas tienen dos facetas: una es la constituida por la explicación verbal, que debe ser ajustada al contenido y concisa, lo cual no quiere decir ni que se deba resumir ni simplificar, sino simplemente aprovechar del mejor modo el tiempo disponible (no se olvide que se trata de una asignatura cuatrimestral). Y la otra corresponde a la expresión y explicación gráficas, faceta fundamental y que constituye un apoyo insustituible para la anterior; el profesor ha de saber intercalar en el momento oportuno algún material gráfico (transparencia, diapositiva, mapa, esquema o dibujo de pizarra, etc.), que contribuya a romper la monotonía de una explicación exclusivamente verbal, procurando evitar, asimismo, los monólogos demasiado largos.

En diversos momentos del curso puede recurrirse también a la pregunta al alumno, ya que este procedimiento se revela como una forma útil e inmediata de comprobación del grado de entendimiento de los contenidos. Con ello, el profesor está en condiciones de adoptar las medidas necesarias de insistencia, aclaración y recurso a otros medios, o bien la corrección y replanteamiento por su parte, si lo estima oportuno. Además, este tipo de procedimiento puede convertirse a su vez en un estímulo para el propio alumno, ya que así se potencia la intervención y el comentario. Hay que animar y fomentar la participación del estudiante en clase, facilitando que pueda exponer sus dudas ante el profesor, pedir que se repitan aquellos puntos que no le hayan quedado claros o expresar, sencillamente, su opinión en las cuestiones que se estén tratando. En este sentido, la propuesta de debates sobre temas conflictivos (muy numerosos en una asignatura como ésta, con una clara vertiente aplicada) puede servir como estímulo y motivar al alumno, favoreciendo una mayor participación. Del mismo modo hay que procurar que el alumno conozca y maneje gran parte de la bibliografía, ofreciéndole además una ayuda y orientación, que le evite grandes pérdidas de tiempo o esfuerzos innecesarios. Es importante que los alumnos no limiten su estudio a los apuntes tomados en clase, sino que deben ampliarlos con las obras y los artículos de revistas especializadas que les sean recomendados; así, entran en contacto con las fuentes principales de la disciplina y pueden realizar una labor de síntesis que contribuya a su formación, además de suponer una buena iniciación a la investigación.

El profesor alentará la realización de trabajos de curso optativos, individuales o en pequeños grupos, que estarán referidos preferentemente a cuestiones de investigación aplicada en Climatología Urbana. Podrá sugerir, incluso, algunos temas y prestará su ayuda y dirección tutelando dichos trabajos. Con esta actividad se pretende que el alumno consiga un nivel progresivo de calidad en su iniciación a la investigación científica, siendo capaz de definir el problema, planteando unas hipótesis de trabajo, decidir la metodología de trabajo más adecuada, acometer el trabajo de campo con la recogida de datos, realizar el tratamiento, análisis e interpretación de esos datos, con el manejo, por lo general, de algún programa informático específico, y, por último, verificar o no las hipótesis planteadas, con el establecimiento de las conclusiones finales.

La estrategia didáctica diseñada debe completarse con las clases prácticas, complemento imprescindible de las clases teóricas correspondientes y que permiten al alumno asimilar y consolidar la información procedente de las explicaciones teóricas y de las lecturas. En estas clases prácticas el papel

protagonista principal recae en el alumno, limitándose la labor del profesor a coordinar y supervisar estas prácticas, a partir de los ejercicios previamente propuestos por él y que cada alumno debe ir resolviendo. Estas clases prácticas, además, pueden utilizarse para presentar diferentes técnicas de trabajo, para tratar algunas cuestiones cuya discusión no ha sido posible en las clases teóricas, o, por ejemplo, para el análisis detallado de elementos de apoyo (tales como mapas, vídeos o diapositivas) de dichas clases.

INDICE

INTRODUCCIÓN.....1

CAPÍTULO I

1. LA CLIMATOLOGÍA URBANA.....9

1.1.- LA CLIMATOLOGÍA URBANA. SU OBJETO DE ESTUDIO.9

1.2.- UNAS NOTAS HISTÓRICAS.9

1.3.- EL CARÁCTER APLICADO DE LA CLIMATOLOGÍA URBANA.10

1.4.- EJERCICIOS PRÁCTICOS SUGERIDOS.11

1.5.- LECTURAS RECOMENDADAS11

CAPITULO II

2.- EL ESTUDIO DEL CLIMA URBANO13

2.1.- EL ECOSISTEMA URBANO. PRINCIPALES MODIFICACIONES CLIMÁTICAS EN LA CIUDAD.13

2.2.- PROBLEMAS DE LA OBSERVACIÓN METEOROLÓGICA URBANA.14

2.3.- LA TÉCNICA DE LOS TRANSECTOS URBANOS Y LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS MÓVILES.16

2.4.- EJERCICIOS PRÁCTICOS SUGERIDOS18

2.5.- LECTURAS RECOMENDADAS18

CAPITULO III

3.- LA ATMÓSFERA URBANA19

3.1.- LA COMPOSICIÓN DEL AIRE.19

3.2.- LAS INFLUENCIAS ENTRE METEOROLOGÍA URBANA Y LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.20

3.3.- EJERCICIOS PRÁCTICOS SUGERIDOS21

3.4.- LECTURAS RECOMENDADAS.22

CAPÍTULO IV

4.- LOS BALANCES ENERGÉTICO E HÍDRICO DE UN ÁREA URBANA23

4.1.- EL BALANCE ENERGÉTICO DE UN VOLUMEN EDIFICADO CON AIRE.23

4.2.- COMPARACIÓN ENTRE LOS BALANCES ENERGÉTICOS DE UN VOLUMEN EDIFICADO CON AIRE Y DE UN VOLUMEN (RURAL) DE SUELO-PLANTAS-AIRE DE LOS ALREDEDORES.24

4.3.- EL BALANCE HÍDRICO DE UN VOLUMEN EDIFICADO CON AIRE. COMPARACIÓN CON UN VOLUMEN RURAL.25

4.4.- EJERCICIOS PRÁCTICOS SUGERIDOS.26

4.5.- LECTURAS RECOMENDADAS.26

CAPITULO V

5.- LA CAPA LÍMITE URBANA Y SU DINÁMICA.....27

5.1.- LA CAPA LÍMITE URBANA: DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS.27

5.2.- EJERCICIOS PRÁCTICOS SUGERIDOS28

5.3.- LECTURAS RECOMENDADAS.28

CAPITULO VI

6.- LA MODIFICACIÓN DE LA TEMPERATURA EN LAS CIUDADES. LAS ISLAS DE CALOR....29

6.1.- LA “ISLA DE CALOR”: DEFINICIÓN Y CAUSAS.....29

6.2.- CARACTERÍSTICAS DE LA “ISLA DE CALOR”.30

6.3.- CONSECUENCIAS DE LA “ISLA DE CALOR”.33

6.4.- UN EJEMPLO: LA “ISLA DE CALOR” DE BARCELONA.34

6.5.- EJERCICIOS PRÁCTICOS SUGERIDOS.38

6.6.- LECTURAS RECOMENDADAS.38

CAPITULO VII

7.- LA MODIFICACIÓN DE LA HUMEDAD Y LA PRECIPITACIÓN EN LAS CIUDADES.39

7.1.- LA MODIFICACIÓN DE LA HUMEDAD EN LAS CIUDADES.39

7.2.- LA INFLUENCIA URBANA EN LA PRECIPITACIÓN.40

7.3.- EJERCICIOS PRÁCTICOS SUGERIDOS.42

7.4.- LECTURAS RECOMENDADAS.42

CAPITULO VIII

8.- LA MODIFICACIÓN DEL VIENTO EN LAS CIUDADES.....43

8.1.- LA MODIFICACIÓN DEL VIENTO EN LA CIUDAD.43

8.2.- LAS MODIFICACIONES DEL VIENTO POR LOS EDIFICIOS.44

8.3.- EJERCICIOS PRÁCTICOS SUGERIDOS.45

8.4.- LECTURAS RECOMENDADAS45

CAPITULO IX

9.- LOS PARQUES Y JARDINES URBANOS Y SU EFECTO CLIMÁTICO.....47

9.1.- LA VEGETACIÓN URBANA: PROBLEMAS Y BENEFICIOS MEDIOAMBIENTALES.47

9.2.- LAS MODIFICACIONES CLIMÁTICAS CAUSADAS POR LA VEGETACIÓN Y LOS PARQUES Y JARDINES URBANOS 48

9.3.- EJERCICIOS PRÁCTICOS SUGERIDOS.50

9.4.- LECTURAS RECOMENDADAS.50

BIBLIOGRAFIA51

GLOSARIO.....63

CAPÍTULO I

1. LA CLIMATOLOGÍA URBANA

Objetivo específico: Conocer la utilidad y las distintas aplicaciones de las investigaciones sobre el clima urbano.

1.1.- La Climatología urbana. Su objeto de estudio.

A lo largo del presente siglo, la Climatología urbana ha experimentado un desarrollo ciertamente espectacular. El interés por la Climatología urbana ha crecido de un modo notorio en las últimas décadas, quedando ésto bien patente en el creciente número de publicaciones habidas hasta la fecha con esta temática. Teniendo en cuenta solamente las más recientes recopilaciones bibliográficas realizadas (Chandler, 1970; Oke, 1974, 1979 y 1990; Jáuregui, 1996) el volumen de publicaciones que tratan sobre los distintos aspectos del clima urbano alcanzaría un total de unos 5.000 títulos. Este interés por conocer todo lo relativo al clima de las ciudades y las alteraciones antropogénicas observadas en ellas se justifica muy bien en estos momentos, cuando, precisamente, una buena parte de la población mundial puede considerarse como urbana. Además, según las proyecciones realizadas por Naciones Unidas, en el año 2025, en que la población se habrá duplicado y estará formada por 8.300 millones de personas, dos tercios de ellas vivirán en ciudades.

Los procesos de urbanización e industrialización, al tiempo que constituyen un excelente indicador del nivel de desarrollo y progreso alcanzado, han comportado también un gran problema que puede resumirse en el deterioro general del medio urbano y de su calidad de vida. Actualmente se advierte en numerosas ciudades un desarrollo insostenible, un modelo no compatible con la conservación del medio ambiente. El interés suscitado, pues, por estos temas, ha ido aumentando de un modo paralelo a medida que se iban intensificando y agravando los problemas generados por la urbanización. Concretamente, la preocupación e incertidumbres causadas, en particular, por los cambios habidos en el medio atmosférico de las ciudades y las modificaciones o alteraciones observadas ha dado lugar al nacimiento y desarrollo de una especialidad dentro del seno de la ciencia climatológica en el presente siglo: la Climatología urbana.

La Climatología urbana tiene como objeto de estudio principal el conocimiento preciso de los mecanismos propios del clima urbano y la evaluación de la alteración climática causada por la ciudad. El estudio e investigación del clima urbano presenta beneficios indudables, ya que, en definitiva, su objetivo final trataría de conseguir un ambiente más agradable y salubre para los habitantes de las ciudades. Por otra parte, dado que las ciudades entrañan modificaciones a una escala microclimática y local, sería interesante también analizar y prever las repercusiones que pudieran tener en el clima a gran escala. Asimismo, el conocimiento sobre el clima urbano resulta indispensable para poder diseñar correctamente cualquier plan que incluya la ordenación del espacio urbano en su totalidad.

1.2.- Unas notas históricas.

El hecho de que la atmósfera de las ciudades sea sensiblemente diferente a la del campo o alrededores ya fue advertido por el hombre desde muy antiguo. Para encontrar las primeras referencias hay que remontarse hasta la primitiva e inicial organización urbana de las civilizaciones griega y romana. Hipócrates en su conocida obra titulada: *De los Aires, de las Aguas y de los Lugares* ya realizó algunas

consideraciones y comentarios acerca de la diferente exposición al ambiente de las ciudades y los consiguientes efectos en la salud. Uno de los primeros efectos provocados por la urbanización advertidos fueron los cambios producidos en la composición del aire. Durante la Edad Media la utilización generalizada de combustibles fósiles en algunas ciudades importantes se convierte en la principal causa de contaminación urbana. El Londres medieval constituye el ejemplo más representativo en este sentido. La magnitud del problema suscita el interés de los científicos, de modo que el naturalista inglés John Evelyn (1620-1706) escribe en 1661 su obra *Fumifugium*, en la que expone una severa crítica contra el empleo del carbón como combustible para la industria en Londres y describe los numerosos efectos perjudiciales del humo para la salud humana, las plantas, los animales, etc. Se puede considerar como el primer tratado sobre contaminación atmosférica urbana.

A partir del siglo XVII con el establecimiento de observaciones meteorológicas realizadas con aparatos se da un paso decisivo para el futuro nacimiento de la Climatología urbana. La construcción de series regulares y sistemáticas de observaciones meteorológicas en algunas ciudades va a permitir detectar las alteraciones producidas por el crecimiento de las mismas en su clima. El auténtico estudio pionero del clima urbano surge en el inicio de la era industrial en Londres, con la obra publicada en 1833 por Luke Howard (1772-1884), acerca del clima de esa ciudad y en el que analiza las observaciones meteorológicas correspondientes al periodo 1797-1831. Deduce las principales características y advierte ya algunas alteraciones; por ejemplo, se da cuenta del efecto de “isla de calor” (aún cuando todavía no recibe esa denominación) del centro urbano de Londres.

Posteriormente, el francés Emilien Renou (1815-1902) hace lo propio con la ciudad de París, donde también comprueba el mismo efecto, evaluando la diferencia térmica entre la ciudad y el campo de los alrededores (Renou, 1862; 1868).

El verdadero nacimiento de la Climatología urbana como tal, tiene lugar ya en el presente siglo, a finales de la década de los años veinte y principios de los treinta, cuando sucede una novedad metodológica fundamental. Se trata de la utilización de vehículos a motor para realizar los diversos transectos que atraviesan la ciudad y sus alrededores, permitiendo obtener, así, una gran cantidad de observaciones y mediciones meteorológicas en diferentes puntos repartidos por toda el área urbana y la periferia. Con las medidas de temperatura tomadas se pueden luego trazar, por ejemplo, perfiles térmicos detallados de los recorridos efectuados o mapas de isotermas donde se refleja la distribución térmica espacial. Wilhelm Schmidt (1883-1936) fue quien utilizó por primera vez este procedimiento para el estudio del clima de la ciudad de Viena.

La primera obra de síntesis acerca del clima urbano aparece publicada en 1937. Se trata de *Das Stadtklima* de Kratzer, todo un clásico, donde aparecen ya recogidas en la bibliografía hasta 225 referencias (en una segunda edición en 1956, se amplían hasta 533).

Después de la segunda guerra mundial, el crecimiento y expansión de las áreas metropolitanas y urbanas, así como los crecientes procesos de industrialización, hacen que las investigaciones sobre el clima urbano de diversas ciudades aumenten extraordinariamente en Estados Unidos, Japón, y algunos países europeos. Otra obra que supone una referencia obligada en la historia de la Climatología urbana es el trabajo de Chandler (1965) sobre el clima de Londres. Otros nombres clave que hay que citar en el caso de la historia más reciente son: Landsberg, de cuya amplia obra cabe destacar su excelente compendio sobre el clima urbano (1981), y Oke, autor también muy prolífico, con numerosos trabajos en Climatología urbana, entre los que destaca su manual general acerca de los climas de la capa límite (1978).

En la actualidad la Climatología urbana, pues, constituye una especialidad plenamente consolidada dentro de la Climatología, si bien se trata de una de las más jóvenes en la disciplina, aunque, eso sí, con algunos precedentes históricos destacados, tales como los recogidos en las líneas anteriores.

1.3.- El carácter aplicado de la Climatología urbana.

La Climatología urbana va a jugar un importante papel por su evidente carácter aplicado y que la hace muy útil en los temas relacionados con la planificación urbana, la calidad ambiental del medio urbano y los riesgos climáticos que afectan a las ciudades.

Los conocimientos acerca del clima urbano pueden ser aplicados en el diseño de nuevas áreas urbanas y ciudades o también en la rehabilitación o reconstrucción de las ya existentes. En esta tarea, básicamente interdisciplinar, de planificación y ordenación del espacio urbano, donde participan diferentes profesionales, el climatólogo urbano debe ir adquiriendo cada vez mayor protagonismo y

desempeñar un papel más efectivo; como experto o especialista del medio físico urbano, en general, y climático, en particular, sus propuestas en este campo han de valorarse y tenerse en cuenta, en igualdad de condiciones a las sugeridas habitualmente por el resto de profesionales (arquitectos, urbanistas, ingenieros, economistas, etc.), pertenecientes en su gran mayoría a las ciencias humanas y sociales. Desde la Climatología urbana se puede contribuir a un planeamiento urbano más racional, encargándose ésta, en concreto, de mitigar o eliminar las modificaciones climáticas no deseables debidas a la urbanización. Un ejemplo claro de las múltiples aplicaciones de la Climatología urbana sería la elección de la localización o el emplazamiento más idóneo para determinadas actividades o industrias, que comporten un cierto grado de contaminación, para lo cual se tendrían en cuenta, principalmente, los flujos de viento predominantes.

La aplicación de los conocimientos sobre el clima urbano también pueden servir para mejorar directamente la calidad ambiental y tratar de conseguir una mayor confortabilidad urbana. La ciudad y sus distintos barrios presentan unas condiciones de confort muy diferentes a las del área regional en la que se localiza, pues el mayor o menor bienestar climático está condicionado no sólo por las características climáticas regionales, sino también por las modificaciones introducidas por el hombre en dicha ciudad. En estas áreas abiertas y, al mismo tiempo, con una intensa acción humana, es donde se advierte una falta de estudios sobre confort climático (Arroyo y Fernández, 1991), tarea de la que la Climatología urbana podría encargarse.

Un campo, donde asimismo son aplicados con frecuencia los conocimientos procedentes de la Climatología urbana, es el de la arquitectura bioclimática, desarrollada por los arquitectos y que persigue la construcción de edificios de tal modo que permitan el máximo nivel de confortabilidad, aprovechando las mejores condiciones naturales.

Hay, además, otras aplicaciones, de distinto signo y finalidad; valgan como muestra estos ejemplos: en relación con la economía y el gasto energético, se pueden conocer las necesidades de calefacción y refrigeración por barrios, o en relación con la salud humana, los barrios o áreas más favorables para determinados tipos de afecciones o dolencias.

Entre los problemas que causa la urbanización, está, también, el de hacer que algunos riesgos climáticos vean incrementados o potenciados sus efectos negativos en la ciudad. Un ejemplo bien claro sería el riesgo de inundaciones. En relación con este riesgo y otros, la Climatología urbana encuentra también aquí un campo amplio, y, en buena medida, sin explotar todavía, de aplicación.

1.4.- Ejercicios prácticos sugeridos.

- Indicar las medidas que pondrías en práctica y las acciones que emprenderías en un hipotético plan de trabajo ideado para mejorar el clima urbano de tu ciudad.
- Enumerar las posibles aplicaciones o utilidades de la Climatología urbana en diversos ámbitos de la vida cotidiana en las ciudades.

1.5.- Lecturas recomendadas

- MORENO, M.C.(1991-92): "Unas notas históricas acerca de la Climatología urbana". **Notes de Geografia Física**, 20-21, pp.137-141, Dep. de Geografia Física y A.G.R., Universitat de Barcelona.
- LANDSBERG, H.E.(1981): "Urban Planning" (capítulo 11) en **The Urban Climate**, pp. 255-261, Academic Press, New York.

CAPITULO II

2.- EL ESTUDIO DEL CLIMA URBANO

Objetivo específico: Capacitar para saber seleccionar los métodos o técnicas más adecuados a emplear para efectuar una investigación sobre clima urbano.

2.1.- El ecosistema urbano. Principales modificaciones climáticas en la ciudad.

A partir de la década de los años sesenta aproximadamente es cuando se inicia la discusión en torno a si la ciudad puede ser considerada o no como un ecosistema. Hoy día, la tesis mayoritaria apoya la definición de la ciudad como un ecosistema, siendo ésta la posición defendida por diversos investigadores (Detwyler y Marcus, 1972; Douglas, 1983).

El ecosistema urbano, obviamente, es diferente a los ecosistemas naturales, ya que se trata de un nuevo medio, adaptado a las necesidades de la especie humana, y no a las de las especies vegetales y animales. Se caracteriza, pues, por ser un ecosistema muy peculiar. ¿Cuáles son esas peculiaridades?. En resumen, serían las siguientes:

hay una producción y un consumo de energía secundaria a gran escala

hay una importación y canalización del agua, así como un incremento de las importaciones y exportaciones de otros materiales, con la acumulación de una enorme cantidad de desechos o basura generados por el hombre

hay una baja o insignificante producción primaria, con un desequilibrio en favor de la actividad consumidora del hombre

hay cambios en el perfil del suelo y alteraciones de la topografía provocados por movimientos de tierras a gran escala y por la pavimentación, rellenado, excavación y compresión de la superficie

hay un aumento de la contaminación del aire, del suelo y del agua

hay cambios significativos en las poblaciones vegetales y animales, con un marcado descenso de las especies autóctonas y, en cambio, un aumento de las especies adaptadas

hay un clima alterado, típicamente urbano.

Dos funciones básicas de este sistema intensamente tecnificado, como son los procesos de abastecimiento y de eliminación de desechos, han de realizarse artificialmente y desde el exterior del sistema, ya que por sí solo es incapaz de proveer alimentos, ni de reciclar los desechos. El funcionamiento de este ecosistema responde en su mayoría, pues, configurando un especial metabolismo urbano, que, en último término, es el origen de la mayoría de las modificaciones ambientales de la ciudad.

En relación con el clima característico de este ecosistema urbano, éste quedaría definido por una serie de modificaciones o alteraciones climáticas que produce la urbanización. Las principales se resumirían del siguiente modo:

1) la superficie natural previa ha sido sustituida o recubierta por construcciones diversas de edificios que forman un conjunto denso y compacto, lo que provoca una rugosidad que modifica el movimiento del aire en superficie. Se reduce la velocidad del viento en superficie y, al tiempo, se incrementa, en general, la turbulencia.

2) la sustitución del suelo natural por diversos tipos de pavimentos, así como los sistemas de drenaje urbanos, que permiten una escorrentía rápida, provocan una reducción de la evaporación y de la humedad

- de la superficie y del aire.
- 3) los materiales de construcción urbanos poseen unas propiedades físicas distintas a las del suelo natural, presentando menores albedos y una mayor capacidad calorífica y una buena conductividad térmica. Todo ello modifica el balance de radiación urbano, influyendo sobre la temperatura del aire.
- 4) el calor generado por las actividades humanas en la ciudad constituye un factor importante que modifica también el balance de energía. Este calor antropogénico, junto con los efectos enumerados en primer y tercer lugar provoca un aumento de la temperatura del aire en comparación con los alrededores. Además, aumenta la convección, lo cual provoca, a su vez, un incremento de la nubosidad, y, por consiguiente, de la posible precipitación.
- 5) la presencia de una elevada proporción de partículas de sustancias procedentes de los procesos de combustión urbanos e industriales incrementa la turbidez atmosférica, al tiempo que el número de núcleos higroscópicos. Con ello, la visibilidad se reduce, la radiación solar (sobre todo, en el espectro de longitudes de onda más cortas) queda interceptada y, además, aumenta la posibilidad de formación de nieblas.

En el cuadro I se recogen las principales modificaciones que provoca la urbanización sobre distintos elementos y aspectos climáticos por comparación con los valores correspondientes en un ambiente rural

Elementos		Comparación con el ambiente rural
Radiación:	total	10-20 % menos
	ultravioleta, sol bajo	30 % menos
	ultravioleta, sol alto	5 % menos
	duración insolación	5-15 % menos
Visibilidad:	(< 10 Km)	5-15 % más
Contaminantes:	núcleos de condensación	10-100 veces más
	partículas (polvo)	10-50 veces más
	sustancias gaseosas	5-25 veces más
Nubosidad:	nubes	5-10 % más
	niebla (invierno)	100 % más
	niebla (verano)	20-30 % más
Precipitación:	total	5-10 % más
	días con < 5 mm	10 % más
	nieve	5-10 % menos
Temperatura:	media anual	0,5-1,0°C más
	media mínimas invierno	1,0-2,0°C más
	grados día calefacción	10 % menos
	estación libre heladas	10 % más
Humedad relativa:	media anual	6 % menos
	invierno	2 % menos
	verano	8 % menos
Velocidad viento:	media anual	20-30 % menos
	racha máxima	10-20 % menos
	calmas	5-20 % más

Cuadro I: Alteraciones climáticas locales producidas por las ciudades (Landsberg, 1981).

próximo evaluadas en forma de porcentaje.

2.2.- Problemas de la observación meteorológica urbana.

Uno de los principales inconvenientes con que se enfrenta el estudio del clima urbano son los