

# 11. CONSIDERACIONES SOBRE EL CLIMA A TENER EN CUENTA PARA LOS DISEÑOS URBANO Y ARQUITECTÓNICO

M. de Luxán García de Diego, A. Reymundo Izard, M<sup>a</sup>. V. Marzol Jaén

El acuerdo entre los términos del binomio Arquitectura-Naturaleza depende de que las relaciones entre las cualidades de una y otra sean las apropiadas y de que el diseño de la primera haya tenido en cuenta las propiedades de la segunda.

Si la arquitectura bioclimática es aquella que optimiza sus intercambios energéticos con su entorno a través de su propio diseño, el acuerdo se conseguirá cuando el objeto arquitectónico haya sido estudiado de modo que, analizadas las condiciones del medio, aprovecha unas, modifica otras y se protege de unas terceras en orden a la obtención del confort humano.

Se dice que el hombre está en situación de confort térmico cuando se da el equilibrio entre las pérdidas y ganancias energéticas del cuerpo humano de modo que el gasto de energía para adaptarse al medio ambiente es mínimo.

Para la evaluación del efecto combinado de los valores ambientales sobre las respuestas fisiológicas y sensoriales del hombre, se han desarrollado diferentes Índices Térmicos. En la elaboración de estos Índices Térmicos se han usado distintos parámetros y combinaciones de ellos, pero de un modo general se puede decir que, de esas variables, hay unas que dependen del medio y otras del individuo.

Los parámetros que intervienen en la sensación de confort, dependientes del medio natural o edificado, básicamente son: temperatura, humedad o presión de vapor, la radiación y el viento y el movimiento del aire.

Dependientes del individuo son los parámetros internos debidos a su metabolismo y aclimatación y los externos de actividad física y vestido.

Todas las escalas del quehacer arquitectónico tienen una componente bioclimática. Desde la ordenación urbana hasta la selección de los materiales pasando por el diseño de los espacios, pueden tener en cuenta las condiciones climáticas y desde la perspectiva del intercambio energético con el medio, modificar éste para crear mesoclimas y microclimas, en los que los valores de los parámetros bioclimáticos se aproximen o coincidan a los que producen para el hombre una sensación térmica agradable.

Lógicamente el planteamiento de un proyecto de arquitectura como bioclimático, pasa por el estudio pormenorizado de los parámetros citados.

En el caso de este Manual, se tiene la suerte de contar con unos datos sobre el clima y el territorio muy específicos sobre las condiciones canarias.

En las páginas siguientes se va a hablar de los elementos que regulan los factores climáticos en cada una de las escalas:

1. A nivel amplio, de ámbito de región natural, las **condiciones climáticas generales**.
2. En la escala del ambiente próximo, con las condiciones particulares de la zona, el **mesoclima**.
3. En los espacios inmediatos e interiores al objeto arquitectónico, el **microclima**.

*El proyectista no puede influir de un modo directo en las condiciones generales y en las del medio próximo, pero si escoger cómo se ubica en ellas. Sólo en los casos de ordenación territorial de una determinada escala (Planes Insulares, Planes Generales de Ordenación Urbana, etc.), podrá intervenir en el mesoclima, pero normalmente, sí puede actuar en el entorno inmediato y en las cualidades de la edificación propiamente dicha, y con ello en las condiciones térmicas específicas de los espacios vivideros de la arquitectura.*

*Sin embargo la edificación, aún la más pequeña, termina incidiendo en el ambiente global, ya que la obtención de materiales, el transporte, la fabricación, etc. lo afectan.*

Los términos que se señalan pueden ser mirados desde las dos perspectivas:

1. Desde el punto de vista del conocimiento y diagnóstico del microclima para ver su influencia en las arquitecturas existentes.
2. Desde las posibilidades proyectuales, utilizándolos como variables en el diseño para crear nuevas condiciones microclimáticas.

DATOS GENERALES	MESOCLIMA (clima general de la zona)		MICROCLIMA (clima específico del lugar)	
	Factores determinantes	Pueden modificar	Factores determinantes	Pueden modificar
1. Datos de los observatorios:  Temperatura Humedad Viento Precipitaciones Radiación solar	1. Forma y tipo del territorio	Temperatura Viento Radiación Albedo	1. Forma y tipo del suelo	Temperatura Viento Radiación Albedo
	2. Proximidad del mar	Temperatura Humedad Viento	2. Proximidad del mar	Temperatura Humedad Viento
	3. Masas de vegetación	Temperatura Humedad Viento Albedo	3. Vegetación	Temperatura Humedad Viento Albedo
2. Latitud				
3. Altitud. Relieve	4. Turbiedad del aire	Radiación Temperatura	4. Turbiedad del aire	Radiación Temperatura
	5. Núcleos urbanos	Temperatura Radiación Dirección y velocidad del viento	5. Construcciones	Temperatura Radiación Dirección y velocidad del viento

Tabla 11.1. Análisis climático. Esquema de aproximación al clima de un lugar concreto.

## EL CLIMA REGIONAL

### DATOS CLIMÁTICOS GENERALES

Básicamente hay tres elementos de fácil obtención que dan las condiciones bioclimáticas generales del lugar (tabla 11.1):

#### Datos de los observatorios

En la introducción de este libro aparece una descripción pormenorizada del clima canario, tomando áreas geográficas de mayor desarrollo urbanístico en combinación con su diferente posición geográfica con lo que se le presupone un clima específico.

A través de los valores de temperatura, humedad, precipitaciones, vientos y radiación medidos, se pueden obtener los valores de los parámetros bioclimáticos de la zona geográfica en la que se encuen-

tra el lugar en estudio, y conocer las temperaturas máximas y mínimas, pluviosidad y dirección de los vientos, las frecuencias de días calurosos y fríos y las de distintos meteoros (vientos fuertes, lluvias torrenciales, etc.). Hay que tener en cuenta que, muchas veces, al hacer una arquitectura adecuada al clima, son más interesantes estas frecuencias de valores extremos de las medias que los propios valores medios de cada parámetro.

Un factor a considerar en las regiones semiáridas es el rocío. Su importancia viene dada porque impide la evaporación de agua del suelo, con lo que aumentan las condiciones de humedad.

En general, en los registros climatológicos sólo se toma en consideración la presencia o ausencia de rocío y niebla, y se contabilizan las frecuencias, el número de días por mes en los que se da. Estos datos vienen siempre influidos por los parámetros geográficos de latitud y altitud que se expresan a continuación.

#### Latitud

Las Islas Canarias se encuentran entre 27° 37' N y 29° 23' N por lo que en esta publicación vamos a simplificar, unificando para trabajar con la carta solar de los 28° N.

La latitud establece la relación entre el lugar y el sol. Influye directamente en la radiación solar tanto directa como difusa, y por lo tanto en las condiciones más generales del clima. En particular señala la posición del sol con respecto al punto de estudio a lo largo del tiempo y establece los ciclos anuales con las estaciones y los ciclos diarios con la variación día-noche.

#### Altitud

Determina el volumen de atmósfera que han de atravesar los rayos solares. Influye directamente en la radiación y en las condiciones generales del clima. En general, al aumentar la altitud, la presión del aire disminuye, la radiación solar es más intensa al tener que atravesar una capa atmosférica menor y la radiación nocturna es también mayor. Ello da origen a oscilaciones diarias de temperatura mayores que en los lugares de menor altitud, y por tanto a temperaturas medias más bajas.

En Canarias el relieve posee altitudes muy diversas: desde el nivel del mar hasta los 3.716 m del Teide, con lo que también hay distintas condiciones climáticas en función de la altitud.

Es interesante observar cómo en la cara norte de las Islas de relieve más accidentado (Islas Occidentales y Gran Canaria), el mar de nubes altera este fenómeno.

### PRECISIONES A LOS DATOS GENERALES

En esta publicación se han incorporado Mapas Climáticos de Canarias y de distribución de la pluviosidad (1). Si se tratase de estudiar un lugar que no fuera ninguno de los seleccionados en este Manual, el valor en cada punto podrá tomarse analizando los gradientes entre las zonas estudiadas más próximas y con características similares.

La ponderación de los datos se hace por comparación de las características geográficas generales del área de estudio, en especial latitud, altitud y orientación.

Una de las correcciones más frecuentes es la de la temperatura por la diferencia de altitud del lugar. Ya se ha comentado el diferente comportamiento entre las vertientes Norte y Sur de las islas más accidentadas lo cual se refleja en la figura 11.1.

Aunque habitualmente se viene afirmando que la altitud produce un gradiente térmico medio de 0,55 °C por cada 100 m de ascenso, esta afirmación resulta incierta para su aplicación en el Archipiélago Canario, ya que la realidad es en él mucho más

diversa, creando condiciones particulares en cada isla, cada vertiente y cada estación, lo que no permite hacer afirmaciones generalistas, resultando más ajustado trabajar considerando condiciones de semejanza con puntos de los que el Manual contiene datos de cada isla; es por esto que este manual ofrece datos específicos de tantos lugares.

Básicamente los rasgos geográficos que intervienen en esta ponderación, además de las citadas anteriormente, son la forma del territorio y el grado de continentalidad.

### Forma general del territorio

La forma general del terreno, valle, área plana, zona de montaña, barranco, etc., es una de las características que modifica los valores climáticos produciendo una primera zonificación de los valores de temperatura, humedad, etc.

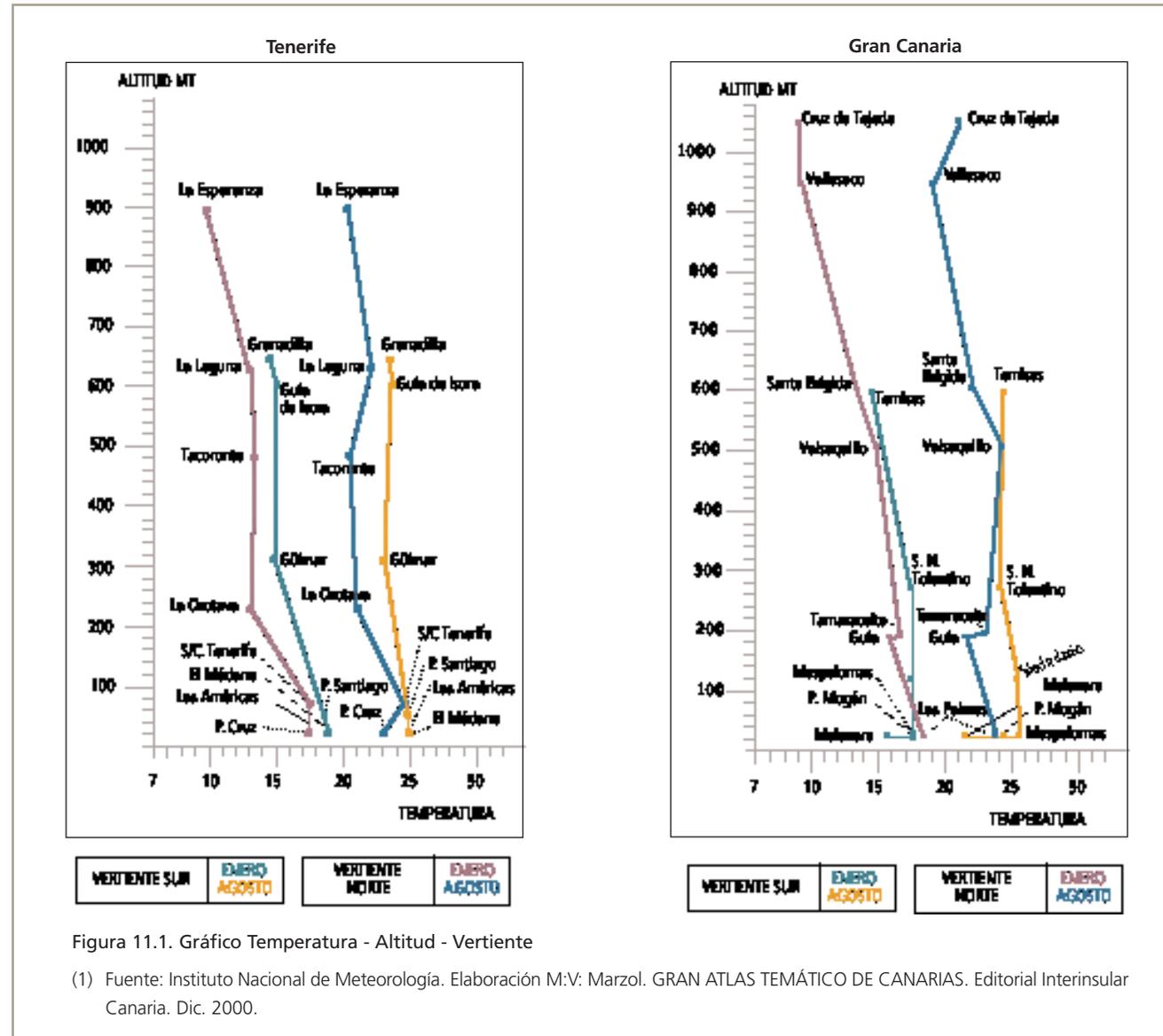


Figura 11.1. Gráfico Temperatura - Altitud - Vertiente

(1) Fuente: Instituto Nacional de Meteorología. Elaboración M:V. Marzol. GRAN ATLAS TEMÁTICO DE CANARIAS. Editorial Interinsular Canaria. Dic. 2000.

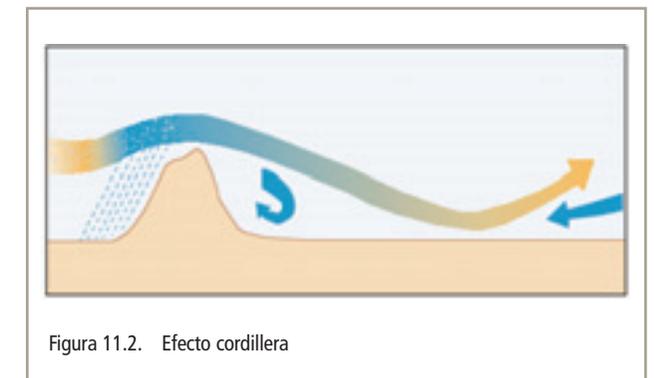


Figura 11.2. Efecto cordillera

Las cordilleras, como la de Anaga en Tenerife, los conjuntos de formaciones montañosas encadenadas, como Tamadaba, Fontanales y Tejeda en Gran Canaria, la Cumbre de los Andenes, Cumbre Nueva y Cumbre Vieja en La Palma, los relieves que acompañan al monte de El Cedro en La Gomera, Los Lomos y Los riscos de Tibataje en el Hierro..., separan dos zonas climáticas diferentes. En ellas, se produce una fuerte asimetría con respecto al viento en cada una de sus vertientes. El viento, al no poder contornear el obstáculo horizontalmente, crea diferencias entre las zonas de barlovento y sotavento.

Como el alisio es húmedo, también se crean diferencias importantes entre las dos vertientes en cuanto a la humedad. Los procesos hidrodinámicos se pueden complicar con la evaporación y la condensación según sean los vientos fríos o cálidos.

La asimetría de las vertientes se acusa más cuanto más alto sea el obstáculo interpuesto al viento. De ahí la diferencia paisajística entre las Islas Orientales, más llanas y uniformes climáticamente, y las Occidentales de relieve más marcado, con vertientes más verdes al Norte y más secas al Sur.

En Gran Canaria, Tenerife, La Palma, La Gomera y El Hierro, islas de orografía más accidentada, las precipitaciones son más frecuentes en las laderas norte de mediana; el aire, al remontar un obstáculo orográfico disminuye su temperatura, con lo que acelera la condensación del vapor de agua que contiene y origina precipitaciones que causan sombras pluviométricas; es decir, áreas en las que normalmente no se dan precipitaciones porque las condiciones de la ladera contraria hace que la condensación se produzca antes de llegar a ellas (figura 11.2).

#### Grado de continentalidad

El clima de un lugar se ve afectado por su mayor o menor proximidad al mar (grado de continentalidad).

Debido a su carácter de regulador térmico, el mar suaviza la temperatura y, como productor de vapor de agua, modifica el grado de humedad y la turbiedad del aire y, a consecuencia de ello, la cantidad de radiación directa y global.

El mar, con su mayor o menor proximidad, crea también regímenes de vientos y brisas propios que alcanzan una cierta pro-

fundidad tierra adentro dependiendo de la forma del terreno. De ello se hablará más detenidamente al analizar los mesoclimas.

#### MESOCLIMAS

Los parámetros atmosféricos obtenidos del estudio climático a nivel regional pueden ser modificados por las características del entorno geográfico del área que, en muchos casos, pueden crear mesoclimas propios con condiciones matizadas respecto al sector general en el que se enclava.

En las actuaciones arquitectónicas a nivel de Ordenación Territorial, se puede prever la modificación de algunos de los factores geográficos, como la vegetación o la conservación de suelos, en orden a aproximar las cualidades mesoclimáticas a las de confort humano.

En este apartado se incluyen también mesoclimas típicos de algunos conjuntos geográficos especiales, como valles, barrancos, bosques, montañas, etc.

#### FACTORES DETERMINANTES

Los factores cuya influencia modifican las condiciones climáticas antes obtenidas son: la forma del terreno con sus peculiaridades topográficas, el tipo de superficie, la vegetación, la presencia de agua y la naturaleza del área y de sus alrededores.

#### Forma y tipo del territorio

No sólo los relieves de las Islas Canarias son muy variados; también hay que tener en cuenta que las superficies que conforman dichos relieves no suelen ser planas, sino que en numerosas ocasiones están surcadas por barrancos, degolladas, etc., que pueden llegar a ofrecer distintas orientaciones dentro de una misma vertiente.

Con respecto a la radiación solar hay que tener en cuenta las formas geométricas del área en dos niveles: las orientaciones y valor de sus pendientes, que afectan al grado de insolación de las distintas superficies y, por tanto, a su temperatura, creando gradientes térmicos entre lugares próximos.

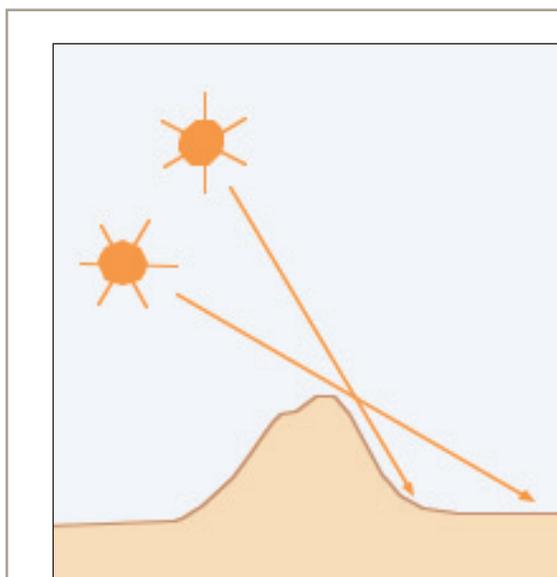


Figura 11.3. Obstrucciones solares

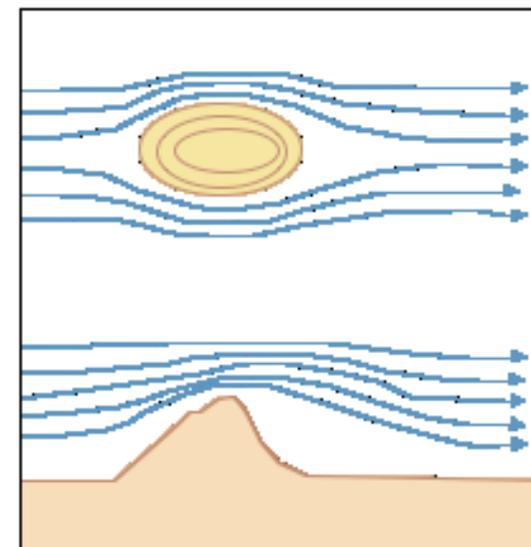


Figura 11.4. Acción del viento en una colina

Estas formas quebradas, dependiendo de su magnitud y orientación, pueden formar obstrucciones a los rayos solares dejando unas áreas en sombra y otras soleadas cuyas temperaturas serán distintas, marcando aún más los gradientes de temperaturas entre puntos muy próximos, en las que varían el número de horas de insolación, lo que veremos reflejado en los datos de radiación de poblaciones que se encuentran en laderas opuestas o en condiciones de solana y umbría (figura 11.3). Por ejemplo: en la isla de La Palma, Los Llanos de Aridane, situada en la vertiente sur-oeste, recibe 2.975 horas de sol al año, mientras que en Mazo, con orientación norte, se reciben 2.087 horas. Es necesario tener en cuenta la variación estacional y diaria de la trayectoria solar, pues de ella dependen algunos procesos zonales de tipo cíclico.

La diferencia de radiación en las distintas superficies de una misma área influye en la distribución de las temperaturas dentro de ella interviniendo en la formación de brisas. Las áreas sobrecalentadas crearán corrientes de aire de tipo ascendente, y los gradientes de temperatura provocarán brisas en el sentido de conseguir el equilibrio.

Nieve (a partir de los 2000 m)	20% - 70%
Dunas (en playas)	30% - 60%
Suelo arenoso, erosionado y jable	15% - 40%
Praderas	12% - 30%
Áreas urbanas (alta densidad de construcción)	15% - 25%
Bosque de coníferas (verano)	13%
Bosque termófilo (verano)	5% - 10%
Suelos de cultivo	7% - 10%
Superficies de agua	3% - 10%

Tabla 11.2. Niveles de albedo (Geiger, 1965) según el tipo de cubierta de la superficie del terreno. Los valores se expresan en tanto por ciento de radiación solar reflejada.



Las formas geográficas pueden variar las características de los vientos de modo que los vientos dominantes en el sector no coinciden en dirección e intensidad con los generales de la zona. Las características topográficas pueden crear áreas protegidas en las que la velocidad es prácticamente nula (Acantilado de los Gigantes, Puerto Mogán) y otras sobreexpuestas en las que el valor de la velocidad del viento es superior a la de los datos ofrecidos por el observatorio meteorológico (Pozo Izquierdo, El Médano y Jandía). La velocidad del viento en lo alto de una colina se acelera por compresión de las corrientes de aire (figura 11.4).

Uno de los fenómenos apreciables en las islas de más relieve, y que influirá en el diseño, es que las condiciones generales de la zona influyen mucho en la velocidad del viento. La intensidad aumenta al disminuir las obstrucciones, incrementándose progresivamente desde los terrenos con protección, pasando por los espacios abiertos en los que las superficies rugosas como monte bajo o matorral disminuyen más la velocidad del viento que superficies más lisas como eriales o campos de cultivo, a las costas, llegando al mar abierto, en el que la intensidad no sufre variación.

Otro factor a tener en cuenta es el tipo de material de que están compuestos los terrenos: incide en la reflexión de los rayos solares (albedo) y por tanto en la radiación incidente sobre el entorno (tabla 11.2). Por otro lado, por su capacidad de recoger agua y devolverla lentamente, influye en la humedad ambiental, y de un modo indirecto, en el tipo de vegetación que se encuentra o puede ser plantada en las proximidades.

En el caso de Canarias, como conjunto de islas volcánicas, los terrenos tienen básicamente un albedo variable, dependiendo del sustrato.

En esta escala de mesoclima, y antes de pasar al estudio puntual, hay que apreciar que en un terreno muy complejo, se puede dar un sistema con muchas variaciones.

## Agua

En los primeros asentamientos humanos canarios, el agua fue determinante en la posición y ubicación de la población por motivos de consumo y riego y, más tarde, como base para el comercio marítimo.

La presencia de agua, tanto superficial como subterránea, influye en las cualidades climáticas del área próxima. En general, su acción es la de modificar las condiciones de humedad y las de temperatura.

### Aguas Superficiales

En Canarias el mar es la única masa de agua capaz de modificar las temperaturas medias de su área de influencia, disminuyendo la oscilación diaria y anual de temperaturas e incrementando la humedad relativa.

Dado que las masas de agua no se calientan tanto como la tierra cuando están sometidos a radiación ni se enfrían demasiado durante la noche es por lo que actúan como reguladores térmicos (figura 11.5). La temperatura superficial, bastante estable,

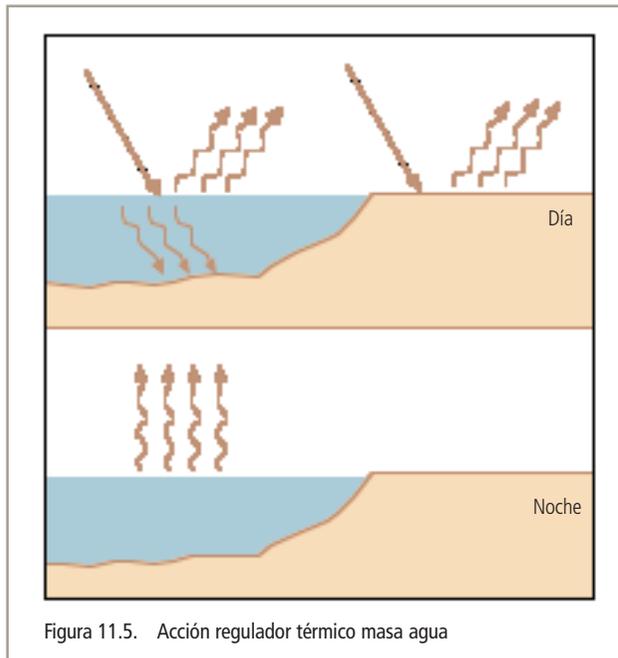


Figura 11.5. Acción regulador térmico masa agua

influye en la temperatura del aire adyacente, produciendo un enfriamiento durante el día y templándolo durante la noche.

### Aguas Profundas

Los pozos y galerías, que son los acuíferos subterráneos de los que se abastece la mayor parte de la población canaria, no producen en sí mismos alteraciones a las constantes climáticas. Su presencia, sin embargo, puede ser definitiva para la existencia de otros elementos como la vegetación, que sí interviene; en este sentido un aprovechamiento bien estudiado de estos acuíferos sí puede influir en las condiciones medioambientales de un terreno.

Muchas veces son también un factor determinante de la capacidad de un territorio para albergar determinados usos humanos, entre ellos el urbano.

Dentro de este factor es necesario tener en cuenta la vulnerabilidad, riesgo de contaminación de los acuíferos, pues un mal proyecto de desarrollo de las actividades puede eliminar absolutamente la capacidad de acogida de la zona para los usos previstos (figura 11.6).

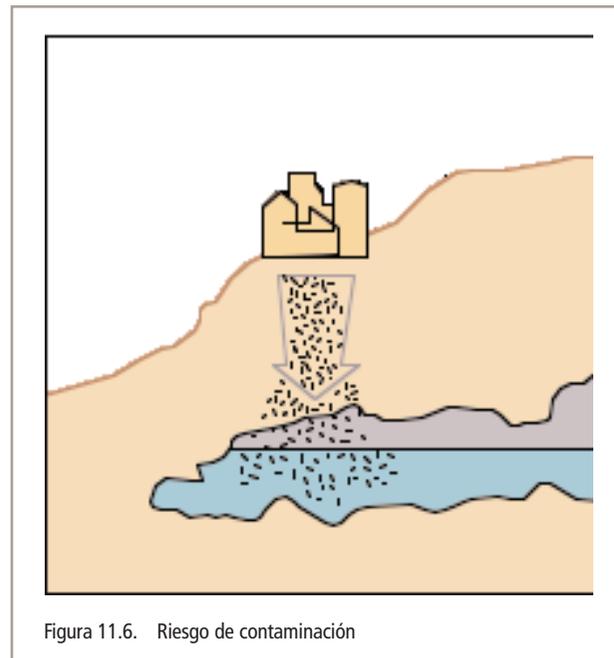


Figura 11.6. Riesgo de contaminación

## Masas de vegetación

La vegetación es un elemento modificador del clima en todos sus aspectos y en todas las escalas, desde los bosques que crean *mesoclimas* a las pequeñas terrazas de cultivo que modifican microclimáticamente su entorno.

La capa vegetal interviene en la modificación de la temperatura de la zona por su condición de absorber la luz solar, por el efecto de sombra y por la humedad de su transpiración, que modifica la temperatura del aire, corrigiendo las temperaturas medias y las oscilaciones máximas-mínimas.

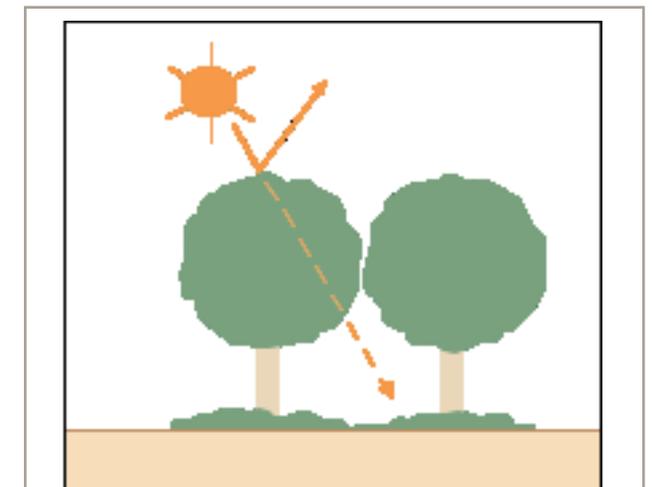


Figura 11.7. Absorción selectiva. Radiación solar

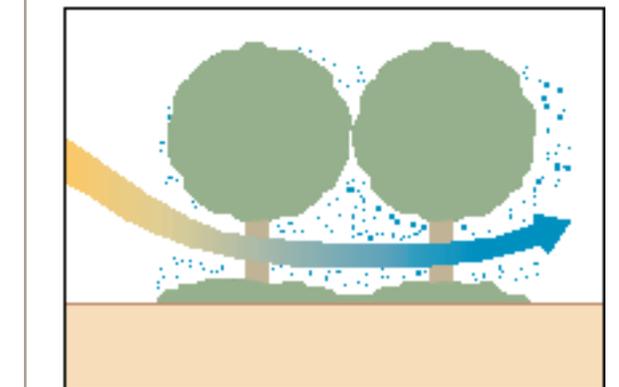


Figura 11.8. Humectación por evapotranspiración

Las áreas cubiertas de plataneras, cultivos y matorral bajo son ejemplos de zonas cubiertas de vegetación donde la temperatura de la superficie es enfriada por la evaporación del agua transpirada a través de las hojas. Como las superficies de las hojas no se calientan mucho por el sol, este proceso reduce la temperatura del aire sobre la vegetación a lo largo del día (figura 11.7).

La evapo-transpiración es el conjunto de pérdidas de agua en forma de vapor por la superficie del suelo (evaporación) y por la vegetación (transpiración); está influenciado por factores que dependen del tipo de suelo, de las condiciones climáticas y del tipo de vegetación (hay períodos en que las plantas necesitan mucha agua mientras en otros son poco sensibles a ella).

La humedad relativa del aire queda modificada por el fenómeno de evapo-transpiración, además de por la fijación de humedad que producen las plantas en sí mismas (figura 11.8).

Dependiendo del tipo de cubierta vegetal los vientos se modifican en cuanto a su intensidad, y en función de su densidad y altura pueden convertirse en obstáculos que en determinadas zonas cambien además su dirección.

Por otra parte, la vegetación cambia los contenidos del aire fijando el polvo, enriqueciendo su contenido en oxígeno y reduciendo la cantidad de anhídrido carbónico.

La vegetación es uno de los elementos importantes a ser integrado en el diseño bioclimático, aprovechando sus efectos generales, sus posibilidades por especies (tamaño, contenido en agua, captación de radiación, tipo de sombra) y sus distintos comportamientos estacionales (hoja caduca o perenne, cambio de color, etc.).

### Obstrucciones por turbiedad del aire

En Canarias, la calidad del aire es apreciable, no en vano se encuentran en estas islas prestigiosos observatorios astronómicos de diversos países, que aprovechan estas condiciones.

Aparte de fenómenos de contaminación localizados debidos a actividades industriales (refinería, polígonos industriales, centrales térmicas), el régimen de vientos y brisas en el litoral, donde se encuentran las mayores aglomeraciones urbanas, minimiza los problemas derivados de la urbanización a nivel de mesoclima.

El clima suave, que no obliga a unos usos y consumos intensivos de sistemas de climatización y su consiguiente contaminación atmosférica, también hace que la turbiedad del aire en zonas urbanas no sea un fenómeno aún grave.

Sin embargo, pueden llegar a ser apreciables la turbiedad por aerosol marino y la que se produce por la incidencia del Siroco, viento cargado de arena procedente del desierto africano (calima).

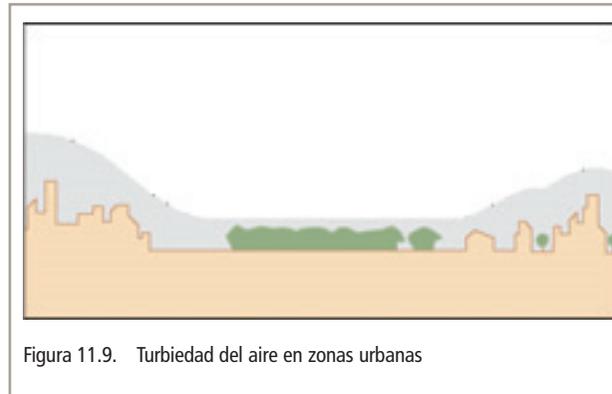


Figura 11.9. Turbiedad del aire en zonas urbanas



El estado de la atmósfera en cuanto a su limpieza es un factor importante con respecto a las condiciones de radiación en una determinada área. En parte aparecerá reflejado en los datos de radiación, recogidos en los observatorios al nivel del suelo.

La turbiedad consiste en la acumulación en el aire de partículas en suspensión, como gotas de vapor o de polvo, que parcialmente absorben o reflejan la radiación solar que penetra a través de la atmósfera y disminuyen la visibilidad (figura 11.9).

Generalmente, y en situaciones geográficas con poca densidad de actividad humana, es mayor la acumulación de dichas partículas en verano que en invierno, debido tanto a la escasez de precipitaciones que limpien la atmósfera como a la cantidad de partículas de vapor de agua levantadas por evaporación.

### MESOClimas ESPECÍFICOS CREADOS POR CONDICIONES GEOGRÁFICAS ESPECIALES

Como se ha indicado anteriormente, las características del entorno próximo al proyecto pueden variar de tal modo las condiciones climáticas, que se creen mesoclimas cuyas características se encuentran muy separadas de las del clima general obtenido de la información de los observatorios meteorológicos.

En la mayor parte de las ocasiones estas transformaciones climáticas son consecuencia de determinadas configuraciones. La extensión de éstas es muy variable y pueden ocupar áreas muy considerables o ser pequeños accidentes dentro de un territorio.

Las variaciones climáticas debidas a configuraciones orográficas muy extensas como valles y bosques estarán incluidas normalmente en los datos climáticos que se recogen de la red de observatorios. Sin embargo, en sistemas de relativamente poca extensión habrá que contar con ello.

Un caso particular se produce en las áreas urbanas de un cierto tamaño en las que se crean condiciones especiales dependiendo de la densidad y altura de la edificación, de la proporción de zonas verdes y su distribución, pudiendo incluso tener zonificaciones internas en las que las variaciones de los parámetros climáticos son importantes.

### Mesoclimas de montaña

Las condiciones climáticas de las áreas montañosas son significativamente diferentes de las de los vecinos terrenos planos. La radiación y la dirección de los vientos varían con la topografía, y por ello cada vertiente tendrá distintas características.

En una montaña aislada se aprecian procesos de calentamiento y enfriamiento más rápidos que en una planicie. Las oscilaciones de temperatura en la cima de una montaña son mayores que en el llano.

En las laderas de las montañas, dependiendo de su orientación, el sol puede incrementar la temperatura y las superficies recalentadas generan una corriente de aire superficial caliente ascendente por la ladera durante el día. Por la noche, cuando las superficies se enfrían, el gradiente de temperatura decrece y finalmente se invierte, circulando el aire, frío, en dirección contraria, es decir, descendente (figura 11.10).

El viento, en su interacción con el relieve, ejerce una influencia notable. Al incidir sobre una montaña, el viento se desvía vertical y horizontalmente. Las presiones son mayores en la zona de barlovento que en la de sotavento, apareciendo aquí incluso depresiones. Las mayores velocidades se alcanzan en la cumbre y las menores en las zonas más bajas a sotavento.

En Canarias, las lluvias son más frecuentes en las zonas de medianía. Este efecto se produce porque al ascender el viento llega a zonas de menor presión atmosférica con lo que se produce un enfriamiento por expansión y el vapor de agua se condensa (ejemplos son Valleseco, las Mercedes, la Orotava o Valverde).

Las vertientes norte, expuestas al alisio (viento dominante), son más susceptibles de recibir lluvia que las que se encuentran a sotavento.

### Mesoclimas de valles y barrancos

Debido a los gradientes de temperatura que se producen en las laderas, el aire tiene movimientos de ascenso (diurno) y descenso (nocturno) en laderas de valles y barrancos. A estos efectos, se añade el movimiento longitudinal en el fondo del mismo debido a los efectos de compresión-descompresión producidos por los desplazamientos laterales (figura 11.11).

Estos movimientos pueden verse incrementados o disminuidos por la posición del valle con respecto a los vientos dominantes. Una situación paralela a los mismos aumentará el efecto de corriente longitudinal en el fondo del mismo, una posición perpendicular disminuirá dicho efecto y dará más protección a las zonas inferiores del valle.

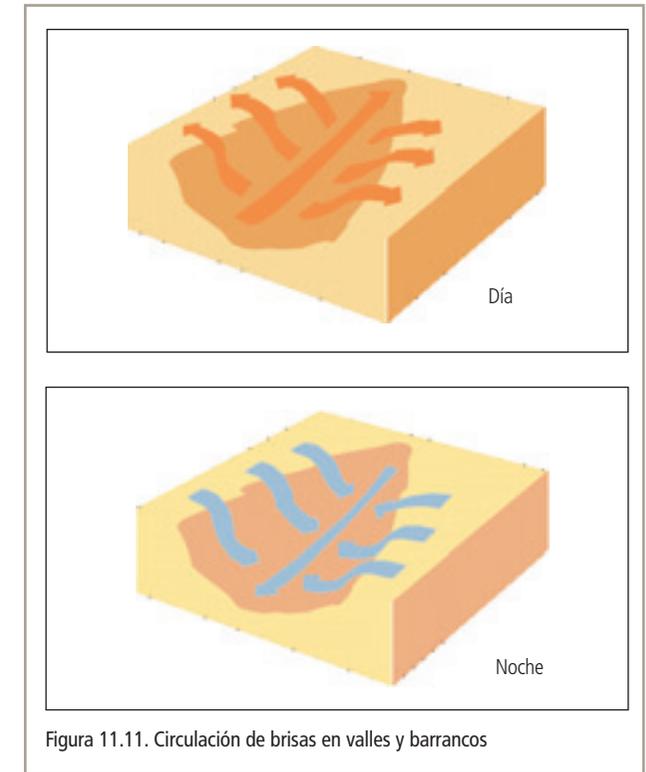
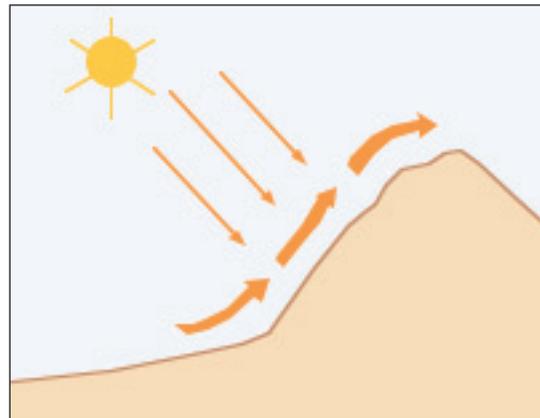
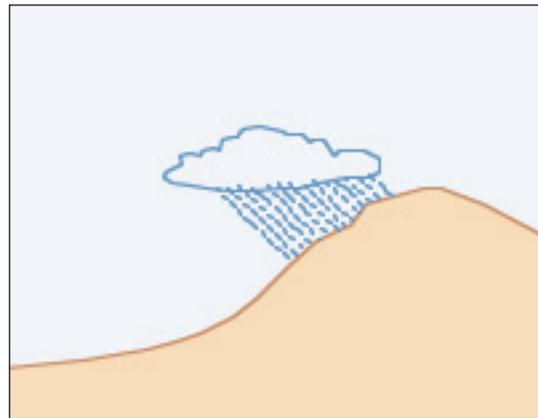


Figura 11.11. Circulación de brisas en valles y barrancos

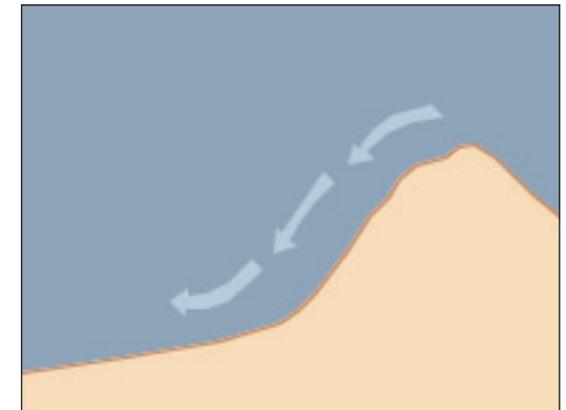
Figura 11.10.



Acción viento y lluvia en montaña. Día



Acción viento y lluvia en montaña. Mayor frecuencia de precipitaciones

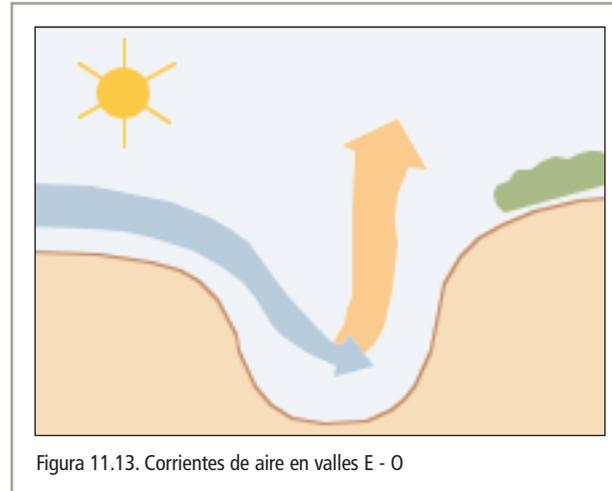
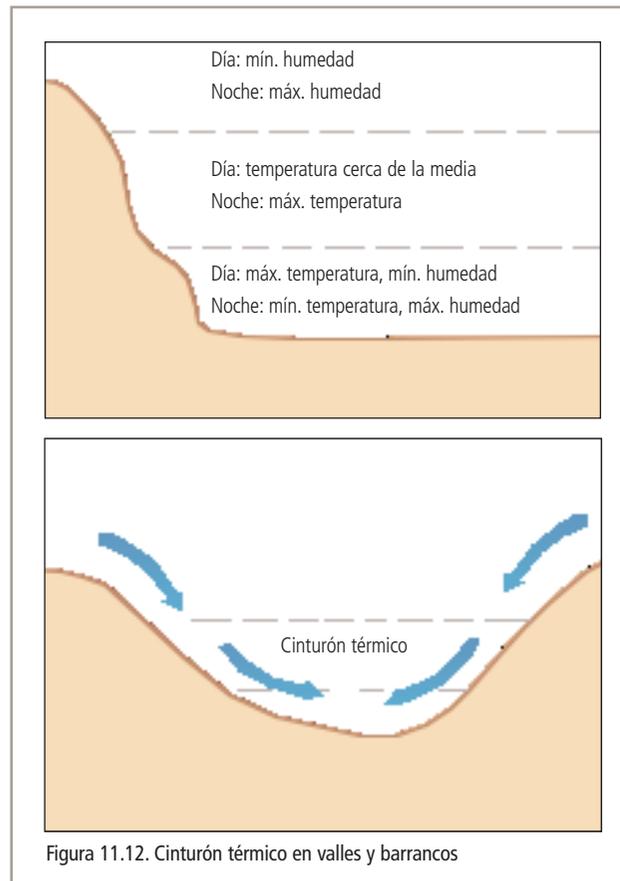


Acción viento y lluvia en montaña. Noche

Una particularidad de los movimientos del aire en los valles viene determinada por el embalsamiento nocturno del aire frío en el fondo del mismo, mientras que en la zona alta se concentra la mayor carga de humedad, acumulada durante el día (figura 11.12).

La orientación con respecto al sol confiere al valle características distintas. En los orientados E-O, las laderas solana y umbría tendrán diferente radiación, con temperaturas distintas y corrientes de aire desde la primera a la segunda (figura 11.13).

Por eso en los climas con mayores problemas de calor, los pueblos suelen colocarse en las zonas de umbría, y en los fríos en la solana.



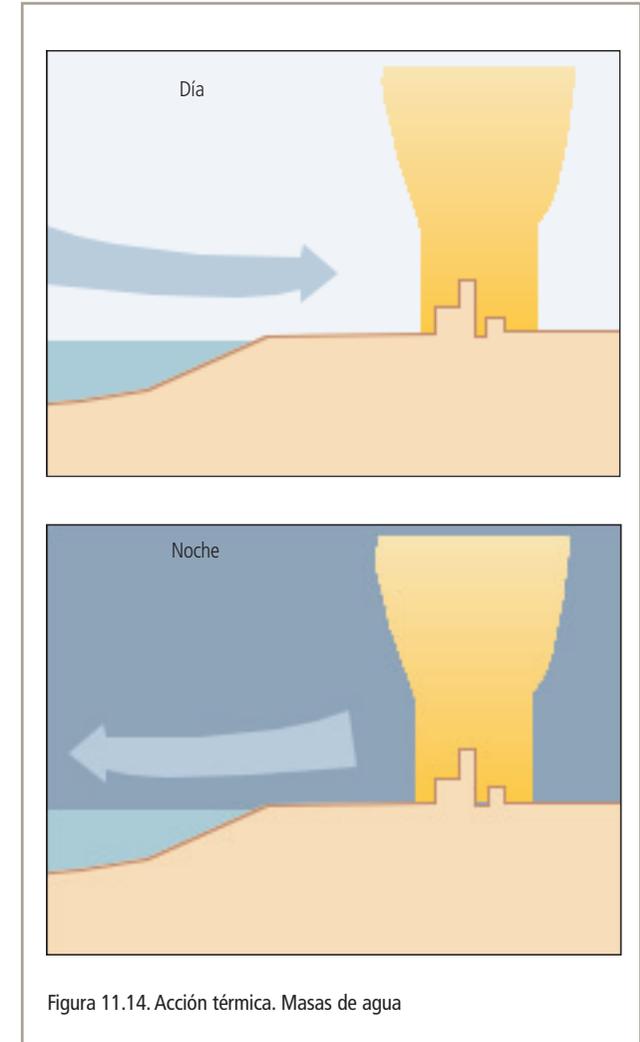
Un inconveniente de los fondos de valle, sobre todo de los que tienen cursos de agua, es que facilitan las nieblas diurnas.

#### Mesoclimas por proximidad al mar

La influencia general del mar en zonas costeras ha quedado señalada anteriormente y, normalmente, su influencia se refleja en los datos de los observatorios próximos. Dentro de una franja relativamente estrecha a lo largo de la costa, el mar tiene un efecto modificador en la variación diaria de temperaturas.

En un tiempo moderadamente soleado, la tierra está más caliente que el mar, lo que hace que exista una brisa marina que fluye desde el mar hacia la tierra. Este efecto es mayor por la tarde y es un rasgo significativo en las áreas costeras. La dirección del viento tiende a hacerse contraria durante la noche. Este efecto es más notorio en las épocas de primavera y verano (figura 11.14).

Existe además un gradiente de temperatura dirigido perpendicularmente hacia el mar, que se extiende a una franja relativamente estrecha. El gradiente varía de sentido al pasar del día a la noche.



En estos movimientos es importante también el efecto de refrigeración que se produce por el enfriamiento del aire debido a la evaporación de agua. La masa de aire seco en contacto con una superficie de agua pierde calor por evaporación mientras se satura de vapor de agua. La temperatura final de la mezcla (temperatura de saturación adiabática), con el aire saturado, es inferior a la temperatura inicial.

### Mesoclimas de bosques

En un bosque pequeño, como el *Bosque del Cedro* en La Gomera, el *Monte de las Mercedes* en Tenerife o *La Caldera de los Pinos de Gáldar* en Gran Canaria, las características climáticas sufren las siguientes modificaciones (figura 11.15):

- El bosque tiende a formar su propio sistema de circulación de aire, desempeñando el papel de islote frío, que obliga a las corrientes de aire a desviarse y a sobrevolarlo.

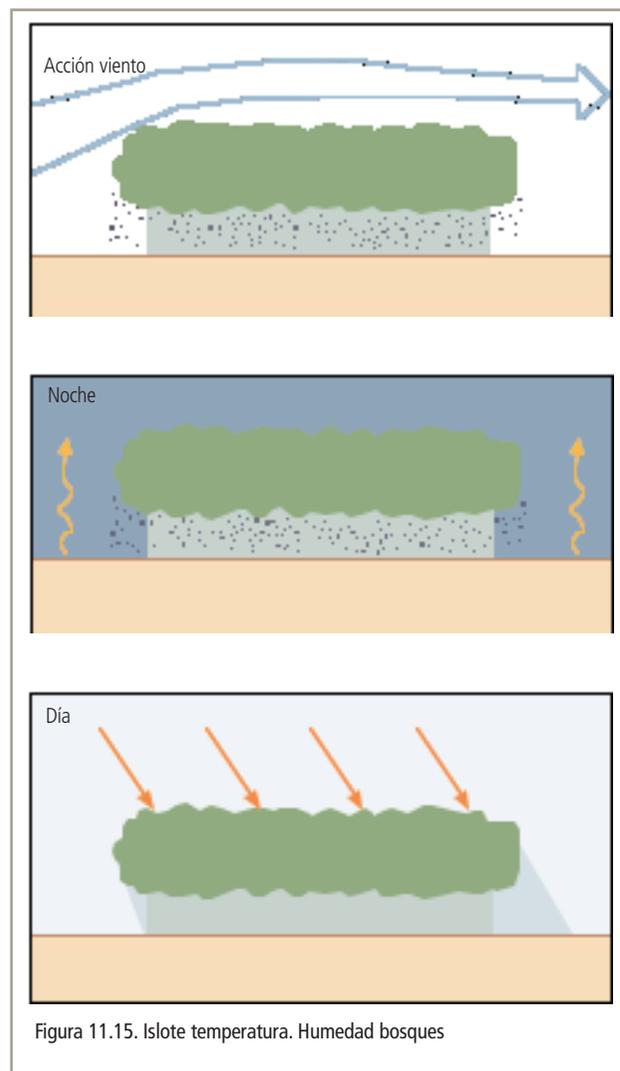


Figura 11.15. Islote temperatura. Humedad bosques

- En su interior, la humedad relativa es grande, debido a la transpiración continua y a la dificultad de transporte hacia el exterior.
- Se crea, de día, un segundo suelo efectivo, formado por la unión de las copas de los árboles en contacto.
- Entre los dos suelos disminuye la temperatura media diaria y la oscilación diaria.

Es decir, el bosque posee un clima más templado y húmedo que el que existe en el área que le rodea, y también se produce una modificación de la luz que penetra en él.

Los bosques de coníferas, como el pino canario, obstruyen fuertemente la luz solar, pero no la modifican cualitativamente. Los de plantas termófilas, laurisilva y plataneras, además de debilitarla, realizan una gran absorción selectiva.

### Mesoclimas en núcleos urbanos

El clima de las ciudades constituye un ejemplo de mesoclima artificial. El clima urbano está modificado fundamentalmente en características como la temperatura, la velocidad del viento, la contaminación del aire y la visibilidad.

Los grandes núcleos urbanos crean verdaderos mesoclimas independientes de su entorno. Los factores más importantes a tener en cuenta son los siguientes:

- La rugosidad del conjunto, que disminuye la convección natural del suelo.
- La disminución del albedo medio de las superficies, que conduce a fuertes calentamientos bajo el sol.
- El calentamiento de los pavimentos urbanos, muy marcado en el caso de estas islas por la verticalidad de la incidencia de los rayos solares en las horas centrales del día.
- La emisión de contaminantes, que aumentan la concentración de partículas sólidas en suspensión y modifican la transparencia de la atmósfera produciendo efecto invernadero.
- Las emisiones de calor debidas a la circulación de vehículos y a los sistemas de climatización.
- La reducción del porcentaje de cubierta vegetal y la impermeabilización de los suelos que alteran los procesos hídricos, modifican su balance y privan a la ciudad de un factor natural de enfriamiento por consumo de calor latente.

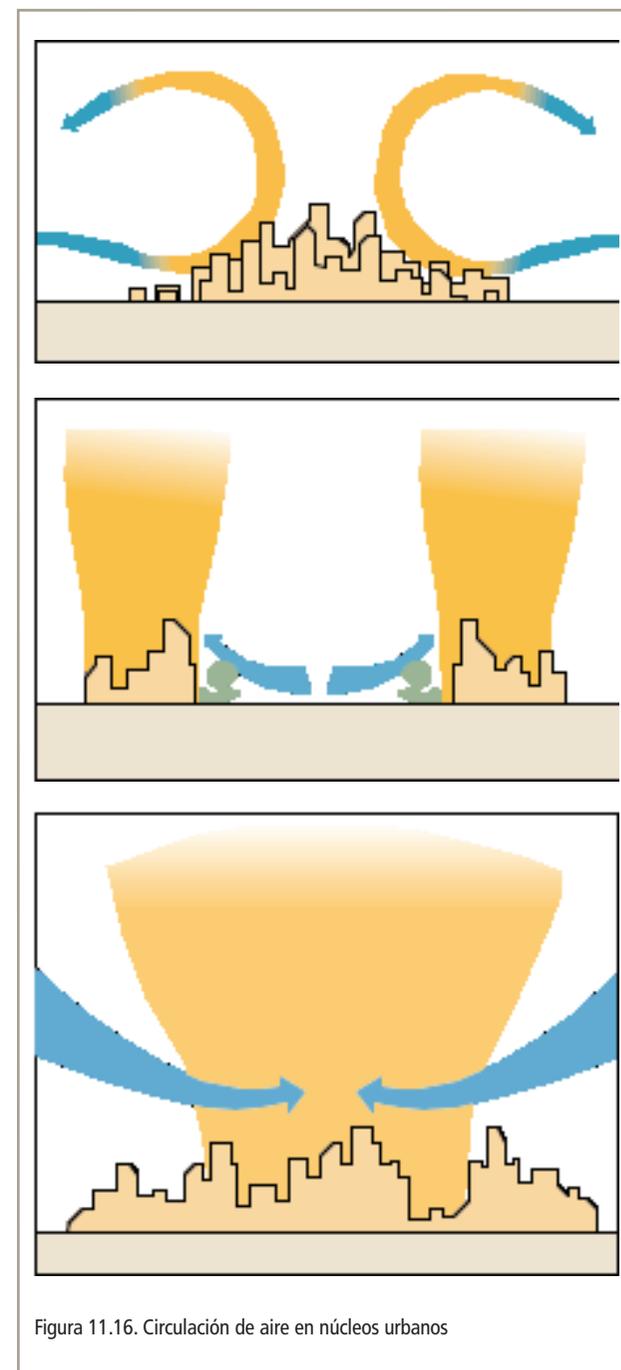


Figura 11.16. Circulación de aire en núcleos urbanos

La complejidad en la determinación de la dirección y velocidad del viento y por tanto, de los flujos y corrientes de aire en el interior de la ciudad. Esta característica es consecuencia de las turbulencias que se generan en el interior de las urbes a causa de los múltiples fenómenos físicos debidos a las formas y disposiciones relativas de los edificios, que actúan como sistema de barreras.

En general, todos estos factores contribuyen a elevar de forma sensible la temperatura media y a disminuir la oscilación diaria de temperaturas máxima y mínima en las grandes aglomeraciones en todas las estaciones, lo cual puede conducir a situaciones insoportables en los meses de verano.

Movimientos de aire particulares son los que se crean en los núcleos urbanos (figura 11.16). A la producción artificial de calor generada por la actividad humana se une la inercia térmica de los materiales de construcción. La diferencia de temperaturas con el entorno produce desplazamiento de aire hacia el interior de los núcleos urbanos desde las periferias en un movimiento de circulación por convección.

Este mismo fenómeno ocurre en menor escala también en el interior de las ciudades, entre los espacios urbanizados y los parques o zonas verdes, por lo que dependiendo de la extensión y distribución de éstas puede haber en la propia ciudad microclimas distintos bastante diferenciados entre ellos.

Condicionantes particulares de todos estos desplazamientos de masas de aire son tanto el tipo de superficie sobre el que se produce el rozamiento, como la cantidad y naturaleza de los obstáculos (efecto barrera) que se encuentran a su paso (figura 11.17).

En las ciudades, la polución producida por agentes contaminantes como escapes automovilísticos, combustiones en la industria y sistemas de climatización convencionales, aumenta la turbiedad del aire, de modo que disminuye la radiación directa, si bien aumenta la indirecta, como puede apreciarse en los días nublados.

De la unión entre los problemas derivados de la polución atmosférica y de la acumulación de partículas en suspensión en la época estival, se deduce que las peores condiciones de limpieza de aire se pueden producir en las ciudades y en los meses de verano.

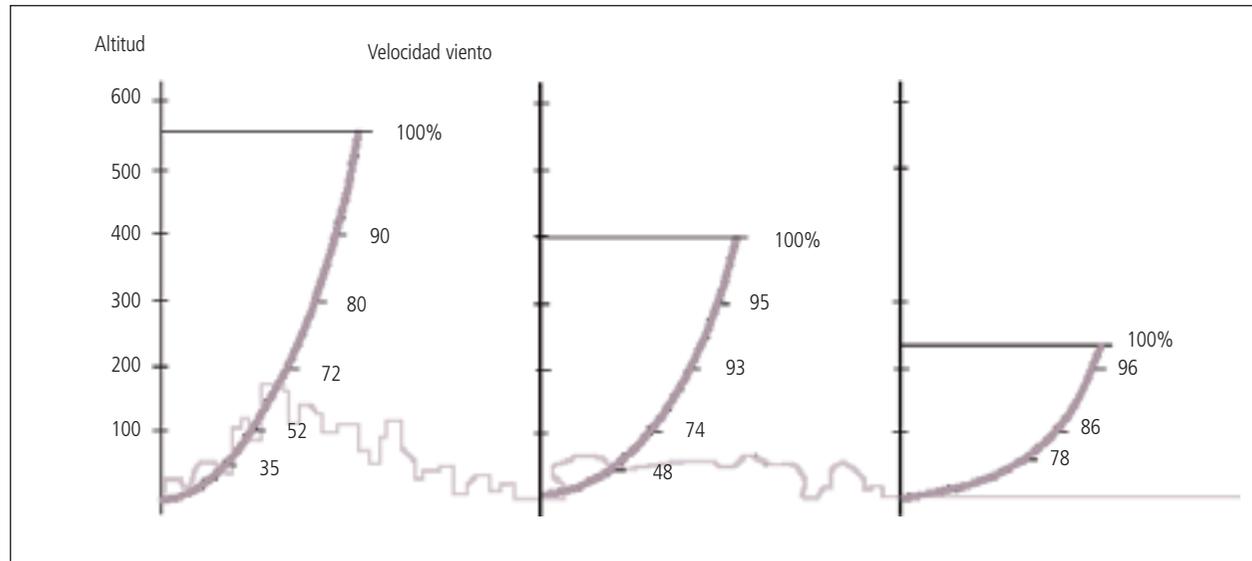


Figura 11.17. Influencia de la textura de las superficies en la distribución de los vientos

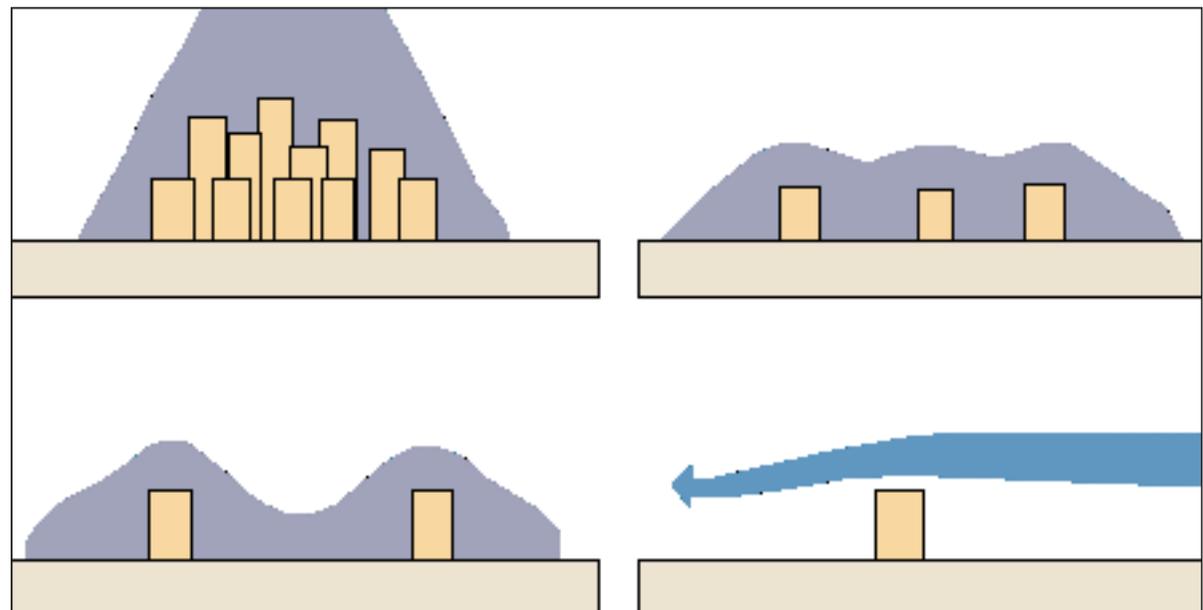


Figura 11.18. Influencia de la densidad de la edificación en las condiciones ambientales

Elemento	Comparación con medios rurales
<b>CONTAMINANTES</b>	
Núcleos de condensación y partículas	10 veces más
Gases	5 a 25 veces más
<b>NUBOSIDAD</b>	
Cubierta	5 a 10% más
Niebla (invierno)	100% más
Niebla (verano)	30% más
<b>PRECIPITACIÓN</b>	
Total	5 a 10% más
Días con menos de 5 mm	10% más
<b>HUMEDAD RELATIVA</b>	
Invierno	2% menos
Verano	8% menos
<b>RADIACIÓN</b>	
Global	15 a 20% menos
Ultravioleta (Invierno)	30% menos
Ultravioleta (Verano)	5% menos
Horas de sol	5 a 15% menos
<b>TEMPERATURA</b>	
Media anual	0,5 a 1°C más
Mínima invernal (media)	1° a 2°C más
<b>VELOCIDAD DEL VIENTO</b>	
Media anual	20 a 30% menos
Ráfagas extremas	10 a 20% menos
Calmas	5 a 20% más

Tabla 11.3. Promedio de cambios en la comparativa urbanización-medios rurales (Landsberg, 1970).

La suciedad del aire, aparte de las medidas que se deban de adoptar para la disminución de la polución producida por el hombre, puede ser reducida por la presencia de vegetación. Las partículas en suspensión quedan atrapadas en su follaje hasta que su acumulación las hace caer al suelo por su propio peso. Por ello es importante la creación y conservación de espacios verdes en el interior de los núcleos urbanos. El aire en el centro de un espacio verde urbano con plantación de árboles es más puro que el aire cerca del perímetro.

Estas influencias son mayores cuanto mayor es la densidad y amplitud de la urbe. La estabilidad térmica del conjunto va aumentando con la concentración urbana, mientras que la ventilación, la iluminación y la posibilidad de intercambios energéticos disminuyen. En el caso de concentraciones urbanas de un cierto tamaño, se crean mesoclimas específicos dentro de la zona cuyas condiciones son bastante distintas de las de los campos circundantes, de los que se habla más adelante (figura 11.18).

En la tabla 11.3 se presentan los promedios de los cambios que la urbanización impone en las distintas características del clima respecto de las áreas rurales próximas (Landsberg 1970).

#### CONDICIONES DEL ENTORNO INMEDIATO. MICROCLIMAS

En las actuaciones arquitectónicas puntuales, será necesario descender hasta el nivel de microclima del entorno más inmediato para poder adaptar las condiciones del medio a las de confort humano. Una cuestión importante es que, en muchos casos, las condiciones de ese microclima pueden ser variadas por el proyectista creando espacios de cualidades intermedias, espacios de transición, que atemperan las condiciones mesoclimáticas del lugar, creando microclimas propios.

Del mismo modo que en el estudio mesoclimático las variables geográficas modificaban el clima local, aquí, la fisonomía del entorno inmediato establece una nueva variación.

Del mismo modo que en el estudio mesoclimático las variables geográficas modificaban el clima local, aquí, la fisonomía del entorno inmediato establece una nueva variación.



#### CONDICIONES TOPOGRÁFICAS Y TIPO DE SUELO

Hay tres elementos importantes en el estudio de las condiciones topográficas del lugar: la topografía propia, la posición relativa del punto de actuación con respecto a las colindantes y las obstrucciones materiales debidas a las formas del terreno (figura 11.19).

##### Pendiente

Del mismo modo que se vio en el apartado del entorno, la pendiente, en su valor y orientación, influyen directamente en la cantidad de radiación que puede recibir.

La pendiente interviene en otros factores no bioclimáticos pero sí muy importantes, como son la estabilidad (dependiente también del tipo de suelo) y la accesibilidad. La orientación de la pendiente será también importante en cuanto a la ventilación,

según se encuentre a barlovento o sotavento de los vientos principales en el lugar.

### Posición relativa

La posición relativa con respecto a las formas adyacentes le dará su condición de protegida o expuesta con respecto a los agentes atmosféricos. Normalmente se puede decir que cuanto más expuesta esté una edificación, tendrá oscilaciones térmicas

más acentuadas, temperaturas ligeramente más frías y mayores posibilidades de ventilación e iluminación.

### Obstrucciones

Las magnitudes relativas de determinados accidentes geográficos muy próximos y en las orientaciones precisas, pueden suponer obstáculos para la radiación y/o la ventilación. Lógicamente habrá que hacer el estudio pormenorizado de las

obstrucciones solares contando con las trayectorias diaria y estacional del sol para conocer en cada una de ellas cuál es el número de horas de soleamiento con que cuenta el punto.

### Agua

La proximidad al agua es un factor de enorme importancia. Como siempre ocurre, su presencia modifica las condiciones de humedad del aire y por medio de procesos de evaporación absorbe calor enfriando el ambiente.

Por otra parte, el alto valor del calor específico del agua la convierte en un elemento estabilizador de la temperatura disminuyendo la oscilación de la misma.

La presencia de agua superficial es siempre definitiva para el binomio temperatura-humedad del que básicamente depende el bienestar humano.

### Tipo de terreno

El tipo de terreno de los alrededores del proyecto arquitectónico y su respuesta energética tienen influencia en las posibilidades de obtención de confort dentro del espacio arquitectónico proyectado.

Dependiendo de su relación con el edificio puede afectar en mayor o menor grado a la inercia térmica del mismo, y con ello, a la respuesta interior a las oscilaciones y valores de la temperatura exterior.

Afecta por un lado a la reflexión de los rayos solares (albedo) y, por tanto, a la radiación incidente sobre el edificio; por otro su capacidad de recoger agua y devolverla lentamente influye en la humedad ambiental, y de un modo indirecto, influye en el tipo de vegetación que se encuentra o puede ser plantada en las proximidades, pues las distintas cualidades termofísicas, especialmente la capacidad calorífica y el porcentaje de reflexión de los rayos solares (albedo) de unos y otros, intervendrán en la distribución de las temperaturas superficiales y por tanto en los movimientos locales de aire.

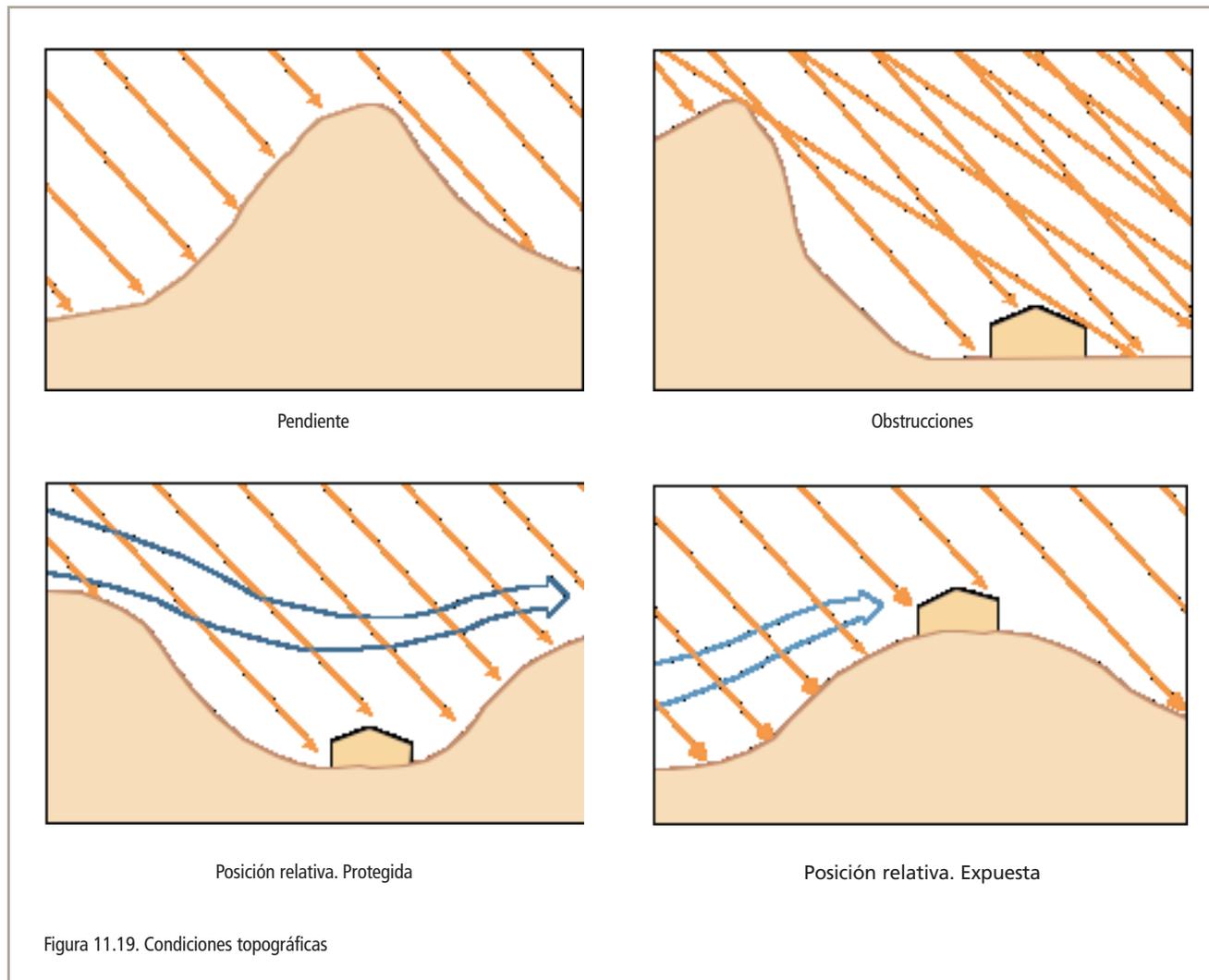


Figura 11.19. Condiciones topográficas

## TIPO DE CUBIERTA. ALBEDO

Como ya se comentaba al hablar de mesoclima, los niveles de albedo según el tipo de suelo son los indicados en la tabla 11.4.

TIPO DE CUBIERTA	ALBEDO
Nieve (a partir de los 2000 m)	20% - 70%
Dunas (en playas)	30% - 60%
Suelo arenoso, erosionado y jable	15% - 40%
Praderas	12% - 30%
Áreas urbanas (alta densidad de construcción)	15% - 25%
Bosque de coníferas (verano)	13%
Bosque caducifolio (verano)	18%
Suelos de cultivo	7% - 10%
Superficies de agua	3% - 10%

Tabla 11.4. Niveles de albedo (Geiger, 1965) según el tipo de cubierta de la superficie del terreno. Los valores se expresan en tanto por ciento de radiación solar reflejada.

Hormigón, ladrillos, grava, empedrados y otros materiales con una alta inercia térmica, cuando se encuentran colocados sobre un substrato de terreno, son todos ellos ejemplo de cubierta seca. La subida de temperatura de esas superficies depende de su color. El calor es almacenado durante el día y re-emitido por la noche. Esta emisión de calor radiante puede ser muy notoria en condiciones de calma que a menudo ocurren en verano, generalmente durante el mes de Septiembre.

## Vegetación

Como ya se ha dicho, la vegetación es un elemento que interviene en los factores climáticos a todas las escalas.

Dependiendo del tipo de vegetación, densidad y disposición con respecto a las direcciones de los vientos, puede formar pantallas de diferente permeabilidad.

La evapo-transpiración de las plantas, especialmente de las frondosas, aumenta la humedad relativa del aire y disminuye la temperatura.

Su efecto a pequeña escala puede crear diferencias de temperaturas entre dos zonas próximas, creando ligeras corrientes de aire que tenderán a equilibrarla.

El edificio, cuando está rodeado de vegetación, es más estable energéticamente y, en general, algo más frío y húmedo y más protegido del viento.

## Construcciones

Cuando el proyecto a realizar se encuentre en un entorno urbano de una cierta densidad, además de las consideraciones señaladas en el apartado de mesoclima urbano, habrá que tener en cuenta las condiciones próximas.

Del mismo modo que en el estudio a nivel de clima se ve que interviene la posición relativa de la edificación respecto a los accidentes geográficos, dentro de la ciudad la posición y altura relativa con respecto a los edificios colindantes podrá favorecer o disminuir las posibilidades de aporte energético y ventilación. En casos de mayor altura relativa del edificio, se favorecerán los citados efectos.

La densidad de la zona interviene en los intercambios energéticos entre la edificación y el ambiente, de modo que a mayor densidad disminuyen las posibilidades de intercambio. La temperatura será normalmente más estable, disminuyendo la oscilación de la misma y dificultando la ventilación.

La dirección de la trama es otro factor a tener en cuenta, pues interviene en las posibilidades de radiación y ventilación del edificio considerado.

Las alineaciones de dirección coincidente con los vientos dominantes producirán mayor exposición del edificio al viento, bajarán las temperaturas en invierno y disminuirán el grado de humedad.

Las alineaciones N-S dan fachadas a Este y Oeste. Proporcionan mayor insolación en verano y menor en invierno, con lo que las temperaturas en verano serán más altas y las de invierno más bajas, y darán mayor variabilidad de las mismas.

Las construcciones próximas pueden hacer el efecto de pantalla tanto a la radiación solar como al viento. Como influencia general, el edificio de proyecto tendrá un menor aporte energético externo, menor luminosidad y disminuirá a su vez las posibilidades de ventilación.

En el clima canario el plano de las cubiertas es fundamental, ya que el soleamiento es muy vertical durante las horas centrales del día.

La continuidad de la trama es otro aspecto a tener en cuenta. El viento tendrá menor turbulencia y una mejor canalización, con lo que las edificaciones tendrán una mayor posibilidad de aprovecharlo.

Aspecto de la mayor importancia es la sección de la calle en la que se encuentra el proyecto, pues a mayor proporción altura/anchura van disminuyendo las posibilidades de intercambio energético, tanto de captación solar como de iluminación, y disminuyen las posibilidades de ventilación. El edificio tendrá menor temperatura interior, mayor humedad y peor ventilación.

## Otras condiciones

Conseguir buenas vistas, evitar la contaminación acústica, aprovechar las lluvias, minimizar los residuos, facilitar la relación en el entorno sociológico o adecuarse a los equipamientos existentes o sostenibles son otros criterios de confortabilidad en la edificación.

## ANÁLISIS CLIMÁTICO: RESUMEN

### CLIMA REGIONAL

#### Datos climáticos generales

1. Datos de los observatorios próximos. Clima general.  
Los valores climáticos de la zona y los regímenes de temperatura, humedad, viento, precipitaciones y radiación son los valores básicos de los que partir para el conocimiento de las condiciones del lugar desde el punto de vista bioclimático.

2. Latitud  
Influye directamente en la radiación, tanto en la radiación solar directa, como en la radiación global.
3. Altitud  
Influye directamente en la radiación, tanto en la radiación solar directa como en la global.

### Correcciones a los datos generales

Los valores climáticos de la zona en general se obtienen de los datos de observatorio, matizándolos según las características geográficas de la zona.

1. Forma general del territorio  
Influye en la distribución, dentro de una zona, de los valores climáticos. En particular regula la distribución de temperaturas, la distribución de lluvia, la humedad, la frecuencia, dirección e intensidad de los vientos.
2. Grado de Continentalidad  
Modifica las condiciones de temperatura, tanto de temperaturas medias como de oscilación diaria y anual de las mismas. Varía las condiciones de humedad. Puede crear regímenes de vientos propios.

### CONDICIONES DE LA ZONA. MESOCLIMAS

Las condiciones del entorno de la zona de trabajo modifican los valores de las variables climáticas. En particular:

#### Factores determinantes

1. Forma y tipo del Territorio  
Su influencia es tal que puede llegar a crear mesoclimas dentro de una zona climática general, como ocurre en los valles. En general, influye en la distribución de las temperaturas dentro de la zona, modifica el régimen de vientos en dirección e intensidad, pudiendo en algunos casos crear corrientes propias. La pendiente general, en valor y orientación, condiciona la cantidad de radiación de la zona específica, en la dirección y velocidad del viento y para ambos parámetros señala sombras debidas a las obstrucciones.

El tipo de material del suelo interviene por el albedo en la temperatura sol-aire de la zona.

2. Agua  
Las aguas superficiales modifican las temperaturas medias de su área de influencia, disminuyen la oscilación diaria y anual de temperaturas e incrementan la humedad en el área.  
Las aguas profundas es conveniente tenerlas en cuenta, tanto por las condiciones de capacidad de absorción de ciertos usos, como por los riesgos de contaminación a que pueda llevar un mal proyecto de desarrollo de las actividades.
3. Vegetación  
Interviene en la modificación de la temperatura de la zona, tanto por efectos de sombra y absorción de los rayos solares como por enfriamiento adiabático, corrigiendo las temperaturas medias y la oscilación máxima-mínima.  
La humedad de la zona queda modificada por el fenómeno de la evapotranspiración, además de por la fijación de humedad que producen las plantas en sí mismas.  
Dependiendo del tipo de cubierta vegetal, los vientos se modifican en cuanto a su intensidad y, en función de la densidad y altura, pueden convertirse en obstáculos que en determinadas zonas cambian además su dirección.
4. Obstrucciones por turbiedad del aire

#### Mesoclimas específicos creados por condiciones geográficas especiales

1. Mesoclimas de montaña.
2. Mesoclimas de valles y barrancos.
3. Mesoclimas por proximidad al mar.
4. Mesoclimas de bosques.
5. Mesoclimas en núcleos urbanos.

### CONDICIONES DEL ENTORNO INMEDIATO. MICROCLIMAS

A nivel de entorno inmediato las características generales del terreno influyen en la creación del microclima en el que se va a enclavar la actuación arquitectónica.

### Condiciones topográficas

La topografía en general, y particularmente la pendiente en valor y orientación, influirán en la cantidad de radiación y viento.

La pendiente influirá también en la estabilidad de las construcciones y en la accesibilidad a las mismas.

La altura relativa con respecto a los accidentes más próximos interviene en la exposición a los agentes atmosféricos.

Los accidentes del terreno próximos a la edificación pueden formar también obstrucciones, sea a la radiación, al viento o a ambos.

### Agua

Las aguas superficiales modifican las temperaturas (medias y oscilación), el grado de humedad y pueden establecer brisas.

Con respecto a las aguas profundas hay que tener en cuenta los riesgos de contaminación.

### Tipo de terreno

Afecta por un lado a la reflexión de los rayos solares (albedo) y por otro, su capacidad de recoger agua y devolverla lentamente influye en la humedad ambiental, y de un modo indirecto, influye en el tipo de vegetación que se encuentra.

### Vegetación

Modifica la humedad y puede actuar sobre la cantidad de radiación y el régimen de vientos por formación de pantallas. Dichas pantallas pueden ser fijas o estacionales.

### Construcciones

Las construcciones aisladas próximas pueden formar pantallas fijas a la radiación y al viento.

Dentro de los núcleos urbanos, la densidad, altura relativa, dirección de la trama, continuidad de la trama y la sección de las calles influyen en la estabilidad térmica, las posibilidades de iluminación y ventilación.