

# 3. INFORMACIÓN CLIMÁTICA AMBIENTALISTA Y CONFORT TÉRMICO

J.P. de Nicolás Sevillano

## RESUMEN

En este bloque se analiza la información climática necesaria para elaborar los climodiagramas de Olgyay y de Givoni que se utilizan en la segunda parte del Manual. Se trata de una información climática a la que calificamos de ambientalista y que incluye la variación mensual de las temperaturas máximas y mínimas diarias, de las humedades máximas y mínimas diarias y de la radiación. Ésta es una información relativa a localidades concretas que resulta más comprensiva que la información que ofrecen el sentido común, los índices climáticos, las clasificaciones climáticas y los climodiagramas bioclimáticos generales.

Para facilitar la labor de los diseñadores se ha estimado por interpolación de la información climática ambientalista de las estaciones meteorológicas de Canarias, las características climáticas ambientalistas de una serie de localidades de referencia que son representativas de zonas que experimentan cierta demanda de edificación. Esta información que se ofrece de forma estandarizada en los capítulos 4 y 5, puede ser utilizada directamente en el diseño de proyectos que se vayan a realizar en zonas próximas a las localidades de referencia. Además, cuando los proyectos vayan a realizarse en localidades distantes de las de referencia, se posibilita estimar por interpolación los correspondientes parámetros bioclimáticos, describiendo en este capítulo los patrones de variación de los diferentes parámetros en función de diferentes factores geográficos, fácilmente determinables y relacionados significativamente con la variación de los referidos parámetros bioclimáticos.

## INFORMACIÓN AMBIENTALISTA

### Características generales

Los valores medios anuales de precipitación y de temperatura, los diferentes índices obtenidos a partir de ellos y los valores mensuales utilizados en diferentes clasificaciones y diagramas climáticos permiten ofrecer una imagen muy simplificada del nicho térmico que posibilita explicar la distribución de la vegetación natural y de los cultivos y valorar la adecuación de los diseños bioclimáticos a las condiciones del lugar. Pero para el diseño de proyectos bioclimáticos complejos o medianamente complejos se precisa complementar los valores medios anuales de diferentes elementos climáticos, los índices bioclimáticos generales, las clasificaciones bioclimáticas como la de Köppen y la información que ofrecen los climodiagramas generales como el de Walter con los valores medios de las máximas y de las mínimas diarias de la temperatura, de la humedad, de la radiación y del viento. Si para una temperatura media mensual de 24 °C las oscilaciones diarias son reducidas, esto supone que el confort térmico de la localidad es bueno, pero si las oscilaciones diarias son intensas, este valor medio resulta poco ilustrativo. Para ilustrar lo referido podemos referir que si en una localidad la temperatura desciende por la noche a 14 °C (condiciones frías que requieren calefacción) y por el día la temperatura alcanza los 34 °C (condiciones cálidas que requieren refrigeración), aunque el valor medio de la temperatura es de 24 °C no se puede decir que el confort térmico es el adecuado, sino todo lo contrario. De ahí que cuando la oscilación diaria es intensa se precisa tener en cuenta los valores mensuales de las temperaturas máximas

diarias y de las mínimas diarias, y algo similar se podría decir respecto a la humedad, a la radiación y sobre el viento.

### Obtención de la información necesaria para un proyecto concreto

Para elaborar los diagramas de Olgyay y de Givoni se utiliza la información climática ambientalista de cada localidad, que representa un área más o menos amplia en la cual las condiciones climáticas relacionadas con el confort térmico permanecen homogéneas. Con el fin de facilitar el uso de esta información bioclimática necesaria para los proyectos se ha calculado sistemática y homogéneamente la información bioclimática para una serie de "localidades de referencia", representativas de zonas caracterizadas por experimentar cierto desarrollo urbano en las Islas Occidentales (El Hierro, La Palma, La Gomera y Tenerife) y en las Islas Orientales (Gran Canaria, Lanzarote y Fuerteventura). Esta información bioclimática tiene en cuenta los siguientes parámetros:

- temperaturas máximas y mínimas diarias.
- humedades medias de las máximas y mínimas diarias.
- variación de la radiación mensual.
- distribución y velocidad de los vientos.

Los resultados obtenidos se ofrecen en los dos bloques siguientes, utilizándose esta información para elaborar los diagramas de Olgyay y de Givoni que se utilizan en la segunda parte del manual para establecer los criterios de diseño bioclimático en las diferentes localidades de referencia. La información suministrada es utilizable directamente en el caso de proyectos que se localizan junto a alguna de las localidades de referencia o que, sin estar próximos, presentan condiciones bioclimáticas asimilables.

Por otro lado, si la localidad donde se va a desarrollar un proyecto no es asimilable a ninguna de las localidades de referencia, a partir de los patrones de variación de las diferentes variables bioclimáticas ambientalistas en función de diferentes factores astronómicos (declinación, ángulo horario), geográficos (latitud, orientación, distribución continentes y mares), atmosféricos (estructura de la atmósfera, dinámica de los centros de acción, gases de efecto invernadero, etc.) que se ofrece en el presente bloque, se pueden estimar los elementos climáticos necesarios para dicha localidad.

Para facilitar las estimaciones aludidas en el presente bloque se describe la variación interinsular e inainsular de los diferentes elementos climáticos a partir del análisis de la información de diferentes observatorios meteorológicos de Canarias, tratando de ortogonalizar la variación en función de la altitud, de la orientación, de la altura de la capa de inversión, de la fisiografía y de otros factores, de modo que sea posible determinar los diferentes elementos climáticos en función de la altitud, de la orientación respecto al sol, de la altura de la capa de inversión, etc. de las localidades en las que se pretende realizar el proyecto.

## INFORMACIÓN SOBRE LA VARIACIÓN DE LAS TEMPERATURAS

### Temperatura media anual

La temperatura “media mensual” se obtiene promediando los valores máximos y mínimos diarios para los diferentes días de cada mes, y la temperatura “media anual” se obtiene promediando las diferentes medias mensuales. Ambas ofrecen una visión general sobre las condiciones del clima que permite evaluar a grandes rasgos la adecuación de las soluciones bioclimáticas desarrolladas en áreas con determinadas condiciones bioclimáticas, pero resultan insuficientes para el diseño bioclimático debido a que para estos se precisa considerar también la información sobre los valores de las máximas y de las mínimas diarias. En la figura 3.1 se describe la distribución de la temperatura media anual en Canarias, evidenciándose una clara correlación negativa con la altitud pese a que aumenta la radiación con

la altitud, debido a que también disminuye la presión atmosférica y este efecto tiene un peso mayor sobre la temperatura que el que produce el aumento de la radiación. Además, el valor de la temperatura depende de otros factores como la orientación (norte, sur), la proximidad a la corriente fría de Canarias, la época del año y el tiempo atmosférico imperante.

En la figura 3.2 se representa la variación de la temperatura con la altitud y la orientación, apreciándose que en las laderas orientadas al norte la temperatura disminuye con la altitud  $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ , mientras que en las laderas orientadas más al sur el gradiente llega a ser de  $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , observándose también el efecto debido a la inversión de temperatura.

### Temperaturas medias mensuales de las máximas diarias

La temperatura de las máximas diarias se corresponde con la temperatura durante el día, cuando es mayor la intensidad de la radiación solar, y se estima promediando los valores de las máximas diarias durante cada mes.

Su variación depende de la latitud, del tiempo dominante, de la topografía, de la época del año y de la nubosidad. En la figura 3.3 se muestra la variación las temperaturas máximas diarias a lo largo del año, evidenciándose que las máximas diarias coinciden en verano, cuando la radiación es más intensa, pese a que durante esta época sopla constantemente el alisio, que es un viento fresco. Se puede decir entonces que el factor que más condiciona las máximas diarias es la radiación, aunque en algunos casos influye de forma más significativa la temperatura del aire que llega a las Islas, que puede ser muy alta cuando procede del continente africano, o muy fría cuando procede de los países nórdicos de Europa.

También influye significativamente la orientación. Así, cuando el alisio sobrepasa las cumbres más altas y se calienta al descender, como sucede cuando el alisio de NE supera Los Rodeos y desciende hacia Santa Cruz, aumentan las temperaturas máximas en Santa Cruz.

Otro factor significativo es la nubosidad, que reduce el calentamiento durante el día al reducir por un lado la radiación solar y, por otro, la pérdida de calor por radiación calorí-

fica durante la noche. Esto motiva que en Las Palmas de Gran Canaria la temperatura en verano sea inferior a la de Santa Cruz debido a la protección de la radiación que supone el “mar de nubes”; este fenómeno hace también que la temperatura en invierno sea superior.

Por último, hay que tener en cuenta el efecto de las inversiones de temperatura, que motiva que se invierta el gradiente normal de la temperatura haciendo que en las zonas más altas las temperaturas puedan ser mayores que en las más bajas, como sucede cuando las temperaturas máximas en La Laguna superan a las que se producen en Santa Cruz al darse el tiempo sur.

### Temperaturas medias mensuales de las mínimas diarias

La temperatura media de las mínimas diarias corresponde normalmente a los valores de la temperatura durante la noche, cuando la radiación solar es nula y la radiación calorífica permanece alta. El resultado es el enfriamiento nocturno, que disminuye cuando hay nubes que dificultan la irradiación terrestre, lo cual explica que el “mar de nubes” reduzca la pérdida de calor de la superficie terrestre.

Los valores de las mínimas están relacionados negativamente con la altitud como se aprecia en la figura 3.4, en la que se ha representado la variación mensual de las mínimas diarias de estaciones situadas a diferente altitud, apreciándose el considerable efecto de la misma.

Las mínimas diarias también se ven afectadas por la corriente fría de Canarias, como se evidencia en la correlación negativa entre la temperatura media de las mínimas durante el verano y la distancia a la costa africana (figura 3.5). Sin embargo, esta correlación negativa no se evidencia diariamente durante los meses más cálidos debido al efecto de la radiación.

En determinadas condiciones, los vientos catabáticos fríos que se producen por la acumulación de aire frío en el fondo de los valles y de las calderas por las noches condiciona las temperaturas mínimas diarias. Esto explica que en Las Cañadas la temperatura sea más baja que en Izaña, pese a situarse ésta a mayor

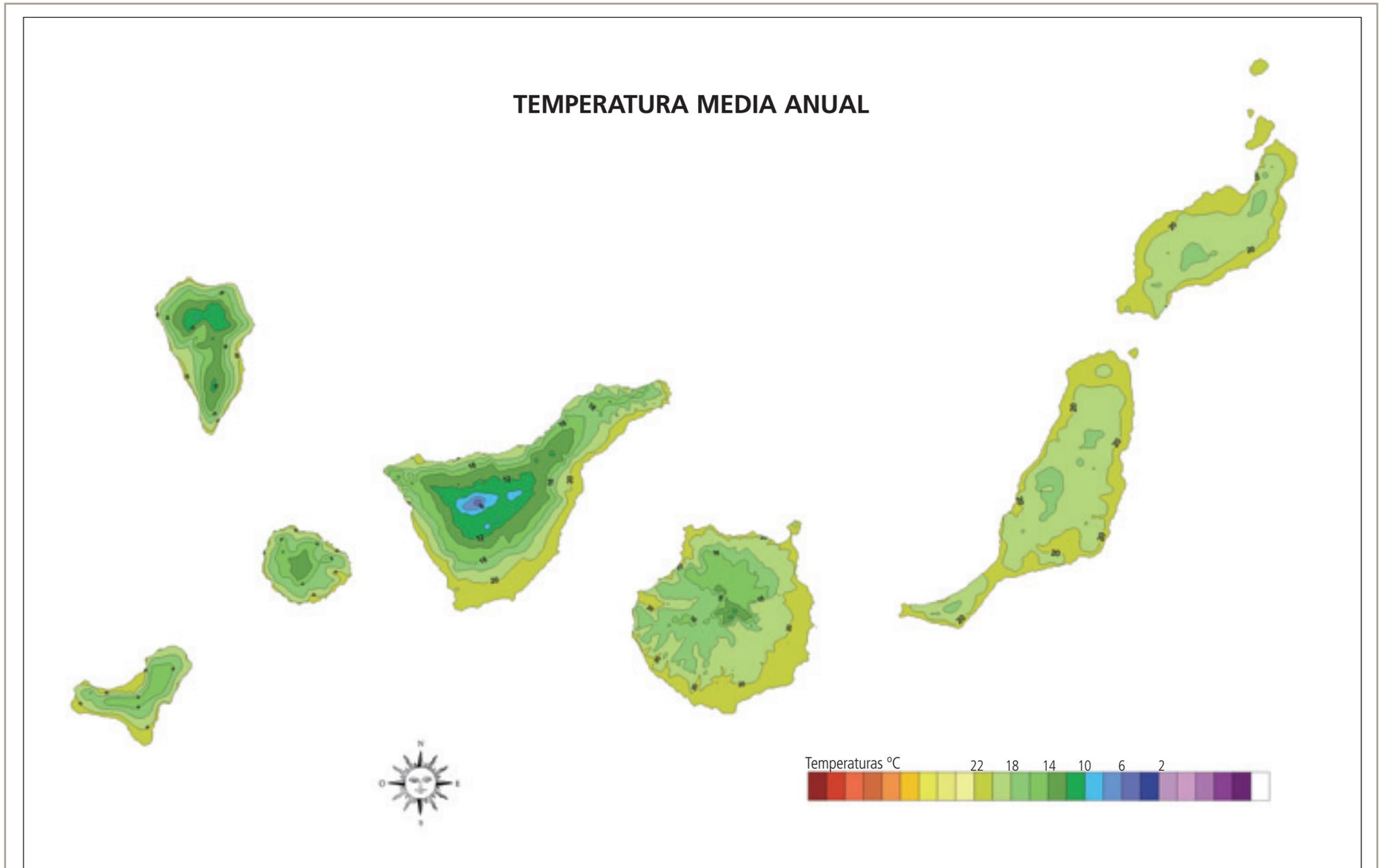


Figura 3.1. Distribución de la temperatura media anual en Canarias.

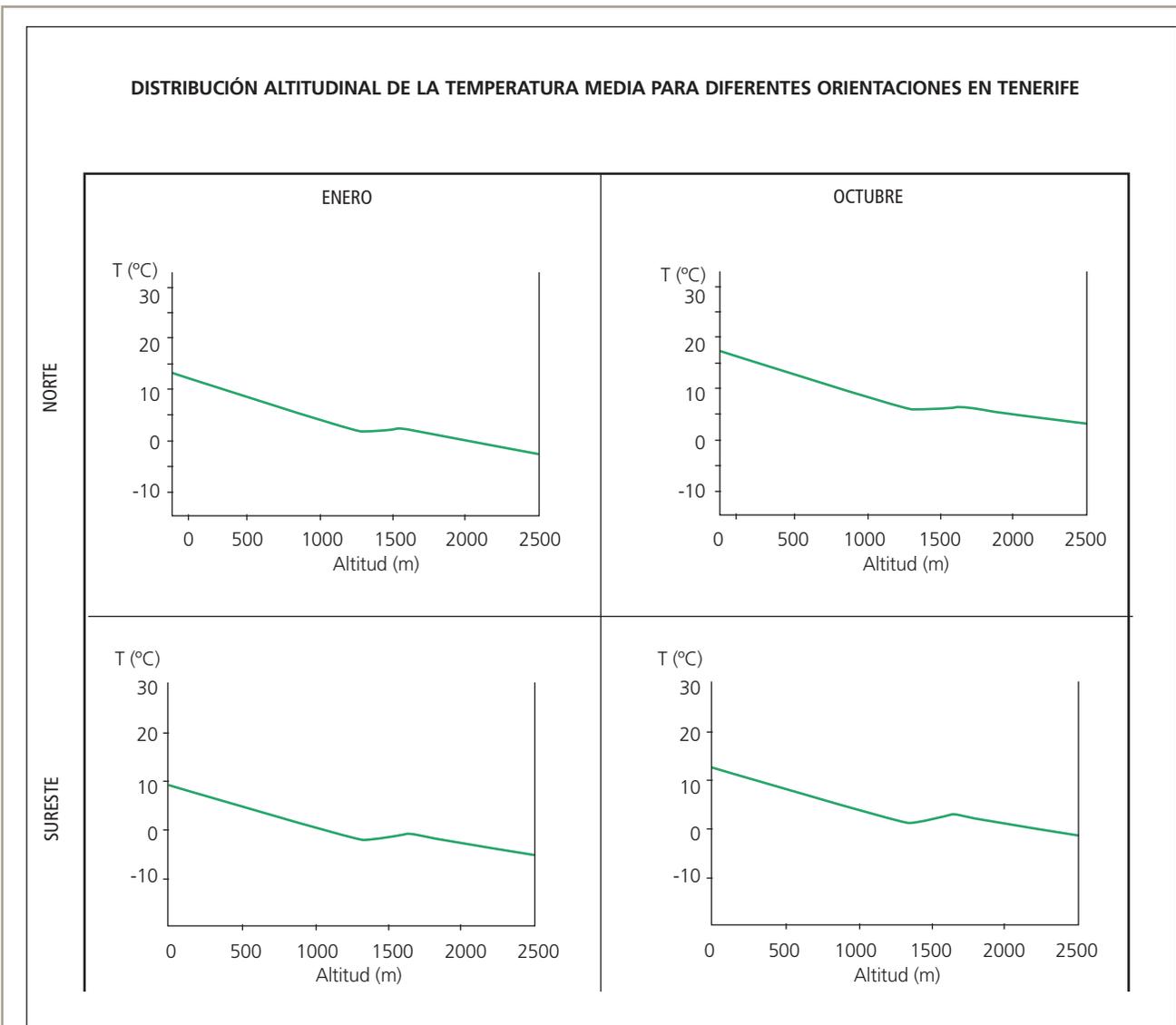


Figura 3.2. Variación de la temperatura media con la altitud, el periodo del año y la orientación. Mientras en la vertiente norte la temperatura disminuye con la altitud una media de unos 0,7 °C por cada 100 m, en la vertiente sur el gradiente llega a ser de 1,5 °C. Además se aprecia el efecto de la inversión.

altitud, pues en Las Cañadas se acumula el aire procedente del enfriamiento nocturno de las laderas, circunstancia que no se produce en Izaña debido a que se localiza en una ladera. Algo similar sucede en el Barranco de las Angustias (La Palma), donde se acumula el aire frío que se forma en las laderas motivando que en el Valle de Aridane las temperaturas nocturnas sean más bajas de lo que cabría esperar.

### Oscilación de las temperaturas. Oscilación diaria y anual

Además de los valores medios de la temperatura, la oscilación de las temperaturas posee una especial significación adaptativa, cabiendo diferenciar al respecto entre la oscilación diaria y la oscilación anual.

La oscilación diaria de las temperaturas se ha evaluado calculando la diferencia entre las máximas y las mínimas diarias, mientras que la oscilación anual de la temperatura se evalúa calculando la diferencia entre la temperatura media en agosto y en enero.

En la figura 3.6 se ha cartografiado la media anual de la oscilación diaria de las temperaturas, apreciándose que en las partes bajas, húmedas y a sotavento la oscilación es de unos 6 °C ó 7 °C; mientras que en las zonas altas y a barlovento aumenta la oscilación hasta los 13 °C, como sucede en Las Cañadas y en Izaña debido a las invasiones invernales de aire polar, cuyo efecto se nota más en altura que en la costa. En las zonas bajas la oscilación diaria es menor que en las altas, siendo su media de 6,5 °C, si bien se reduce hasta 5 °C durante el verano en los lugares abiertos al alisio y aumenta hasta los 8 °C en las zonas resguardadas. En las zonas altas la variación diurna de la temperatura aumenta considerablemente, siendo de 15 °C en invierno y de 18 °C en verano, atribuible a la acumulación de aire frío en invierno.

Otro factor importante que condiciona la oscilación diaria de las temperaturas es el mar de nubes, como evidencia el que en Izaña la oscilación sea alta, debido a que durante el verano se sitúa por encima de la capa de inversión, mientras que en Las Palmas de Gran Canaria la oscilación diaria de la temperatura sea baja atribuible a que normalmente se sitúa por

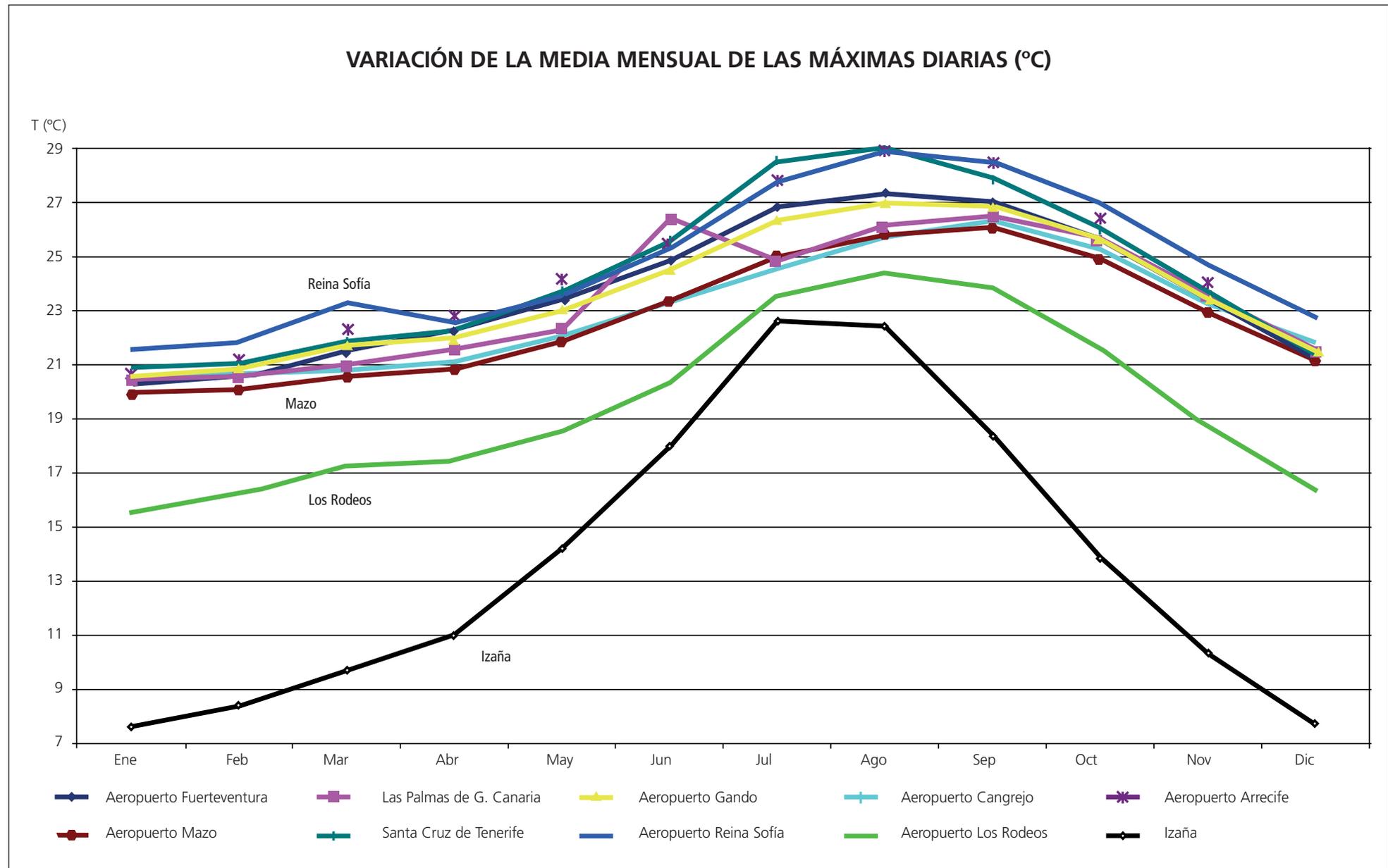


Figura 3.3. Variación de la media mensual de las máximas diarias (Fuente Font Tullot. Valores normales 1960-1990).

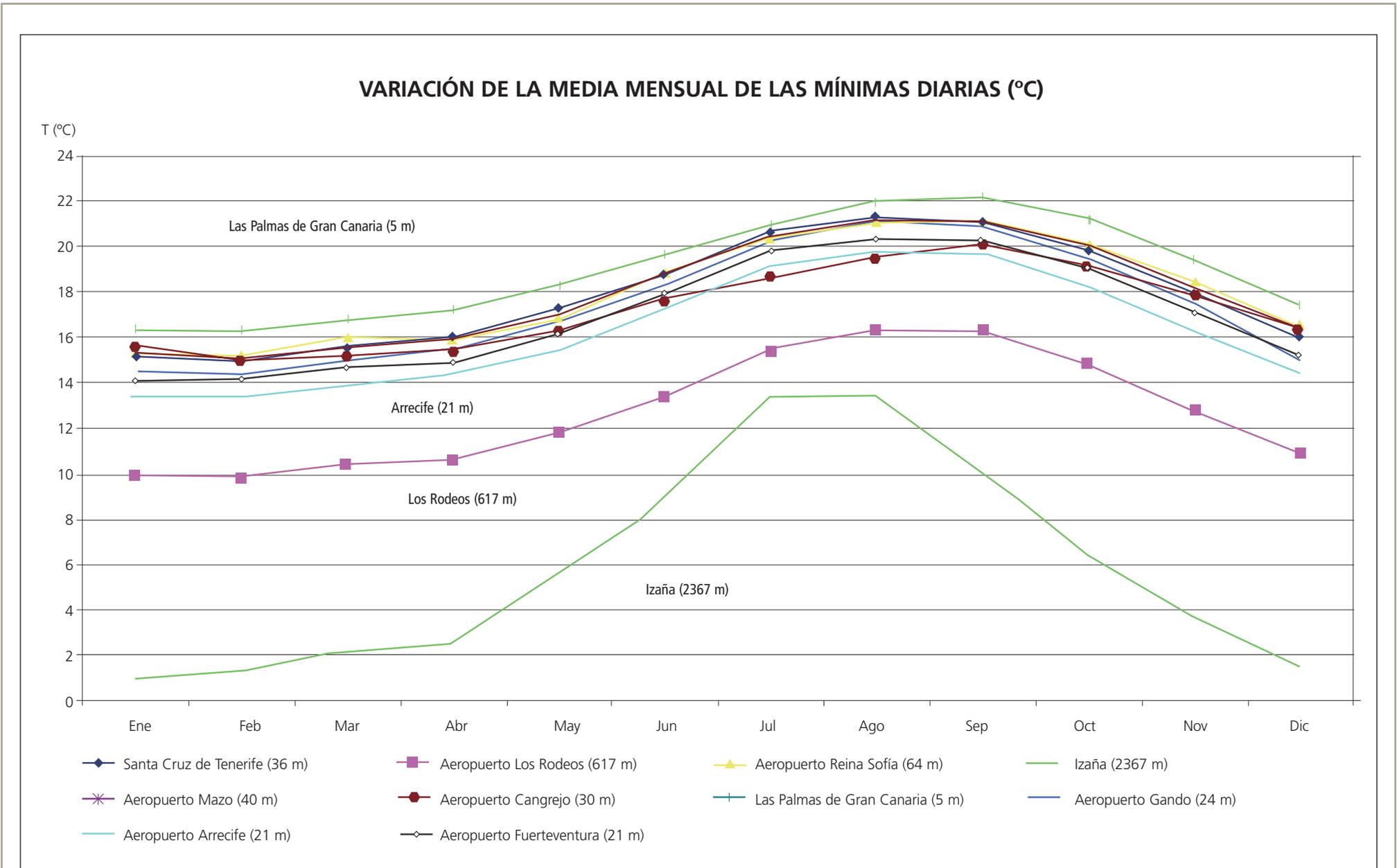


Figura 3.4. Variación de la media mensual de las mínimas diarias para estaciones situadas a diferente altitud (Fuente Font Tullot. Valores normales 1960-1990).

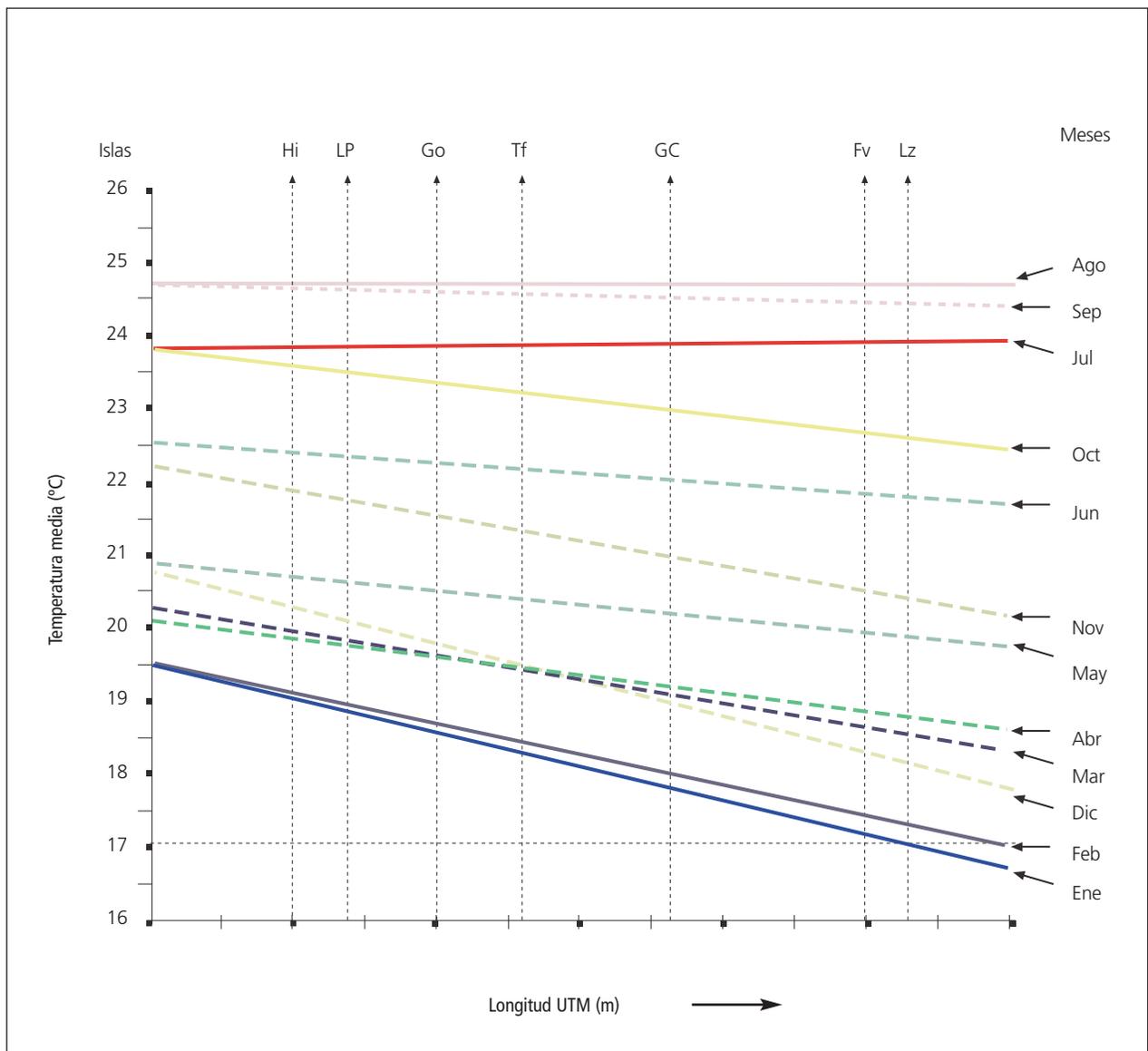


Figura 3.5. Variación de la temperatura media a nivel del mar en las Islas Canarias en función de la distancia a la corriente de Canarias (Leyenda de las islas: El Hierro (Hi), La Palma (LP), Gomera (Go), Tenerife (Tf), Gran Canaria (GC), Fuerteventura (Fv) y Lanzarote (Lz)).

debajo del “mar de nubes”, al menos durante el verano (figura 3.7). Por último, otro factor a considerar es la influencia de los vientos catabáticos fríos.

En relación con la oscilación anual de las temperaturas, en la figura 3.8 se ha cartografiado la variación de la oscilación anual, estimada mediante el cálculo de la diferencia entre la temperatura en agosto y en enero, dos periodos en los que existen diferencias contrastadas debido a la diferente inclinación de la radiación y a las diferentes condiciones meteorológicas. A este respecto, agosto se caracteriza por la invasión de aire sahariano motivando que durante este periodo las temperaturas puedan superar los 40 °C en las zonas más expuestas al tiempo sur, mientras que en las zonas más resguardadas raramente se superan los 30 °C. Por el contrario, durante enero dominan las borrascas de NW y los temporales fríos del Norte que hacen que las temperaturas descieran considerablemente.

En general, la oscilación anual es más fuerte en las zonas altas que en la costa debido al efecto amortiguador del agua, que hace que la oscilación anual a nivel del mar sea menor que en las zonas altas.

En la figura 3.9 se ha cartografiado la variación de la diferencia absoluta de la temperatura entre agosto y enero, apreciándose cómo disminuye en la costa y a barlovento respecto al alisio debido al efecto amortiguador del agua marina y del mar de nubes mientras que la oscilación aumenta con la altitud.

### MEDIA ANUAL DE LA AMPLITUD DIARIA MEDIA DE LA TEMPERATURA

Islas Canarias

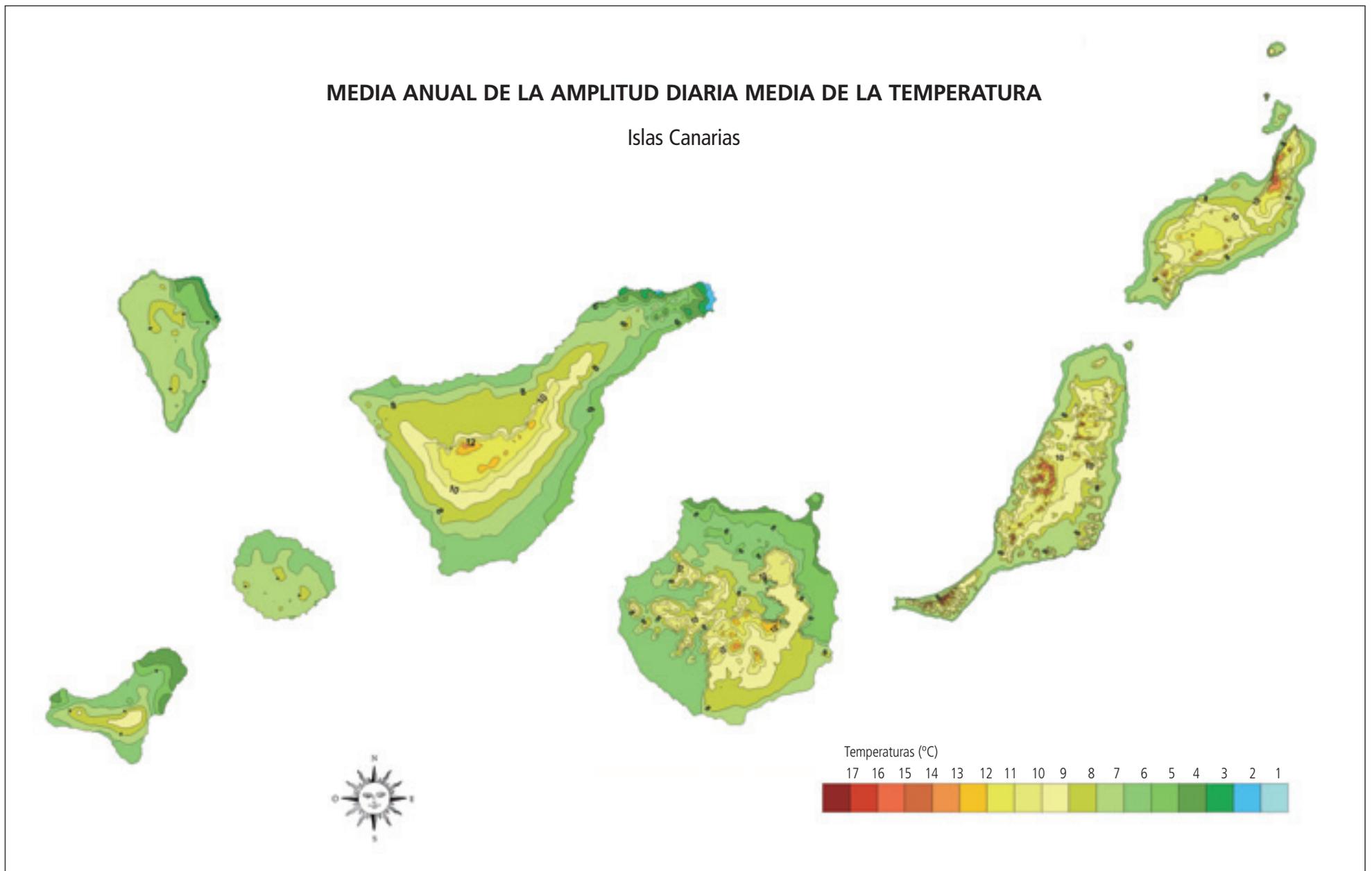


Figura 3.6. Distribución de la amplitud diaria media de la temperatura.

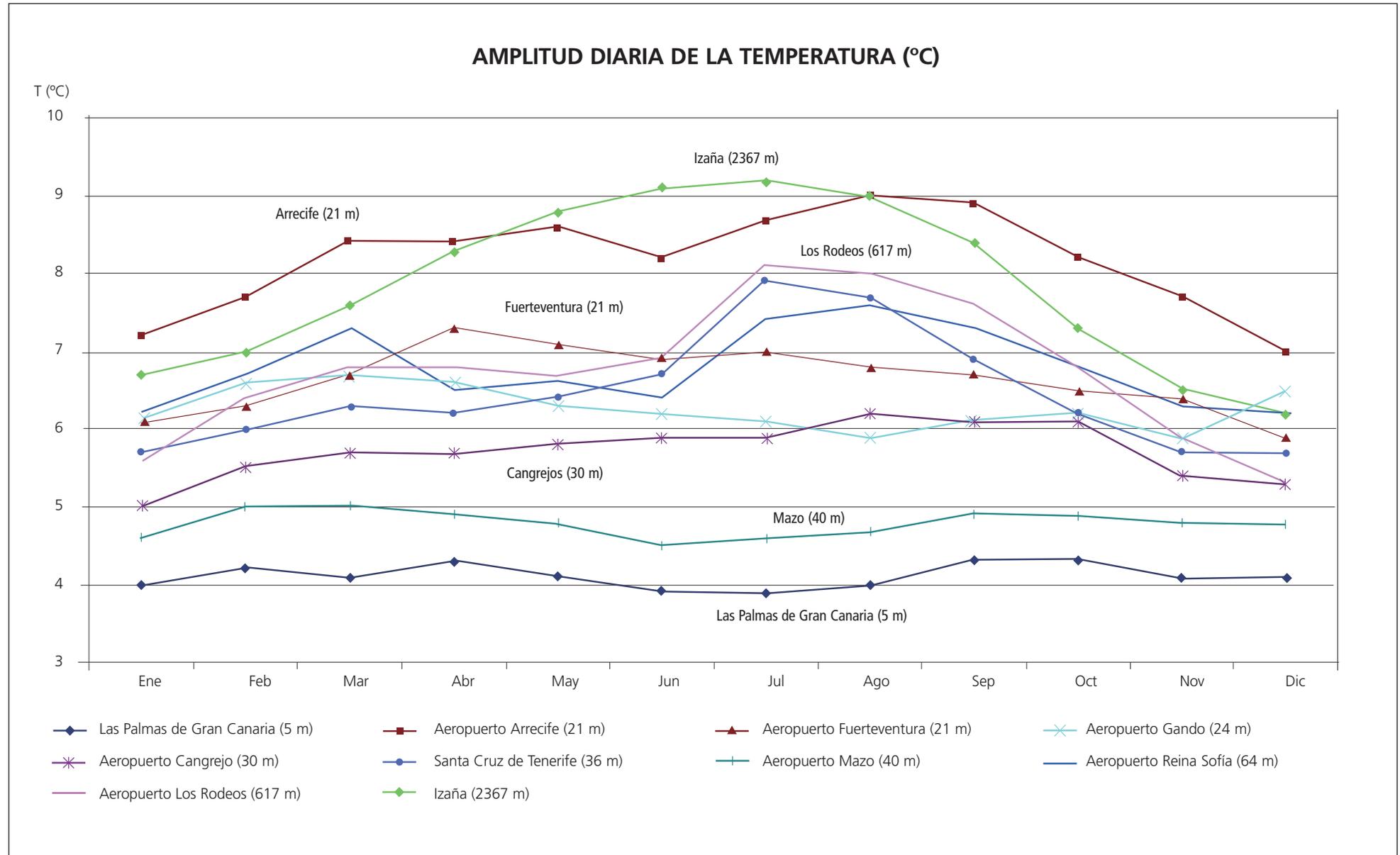


Figura 3.7. Diferencia entre la media mensual de las máximas y de las mínimas diarias (Fuente Font Tullot. Valores normales 1960-1990).

### VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA MEDIA ENTRE AGOSTO Y ENERO

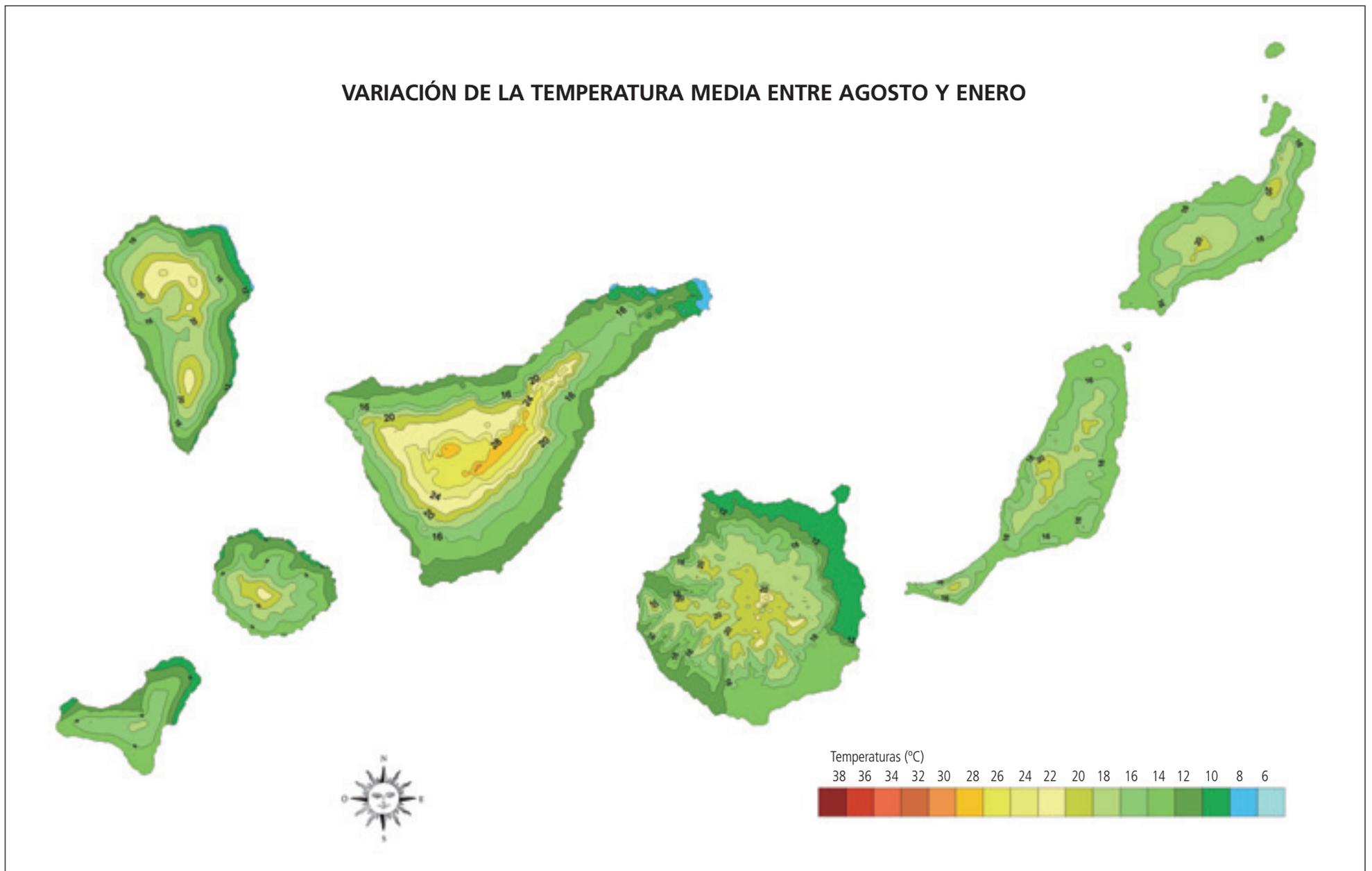


Figura 3.8. Variación de la temperatura media en agosto y en enero (se aprecia que las diferencias aumentan con la altura, mientras que las temperaturas en las zonas bajas, próximas a la costa, son más estables).

### VARIACIÓN ABSOLUTA DE LA TEMPERATURA MEDIA ENTRE AGOSTO Y ENERO

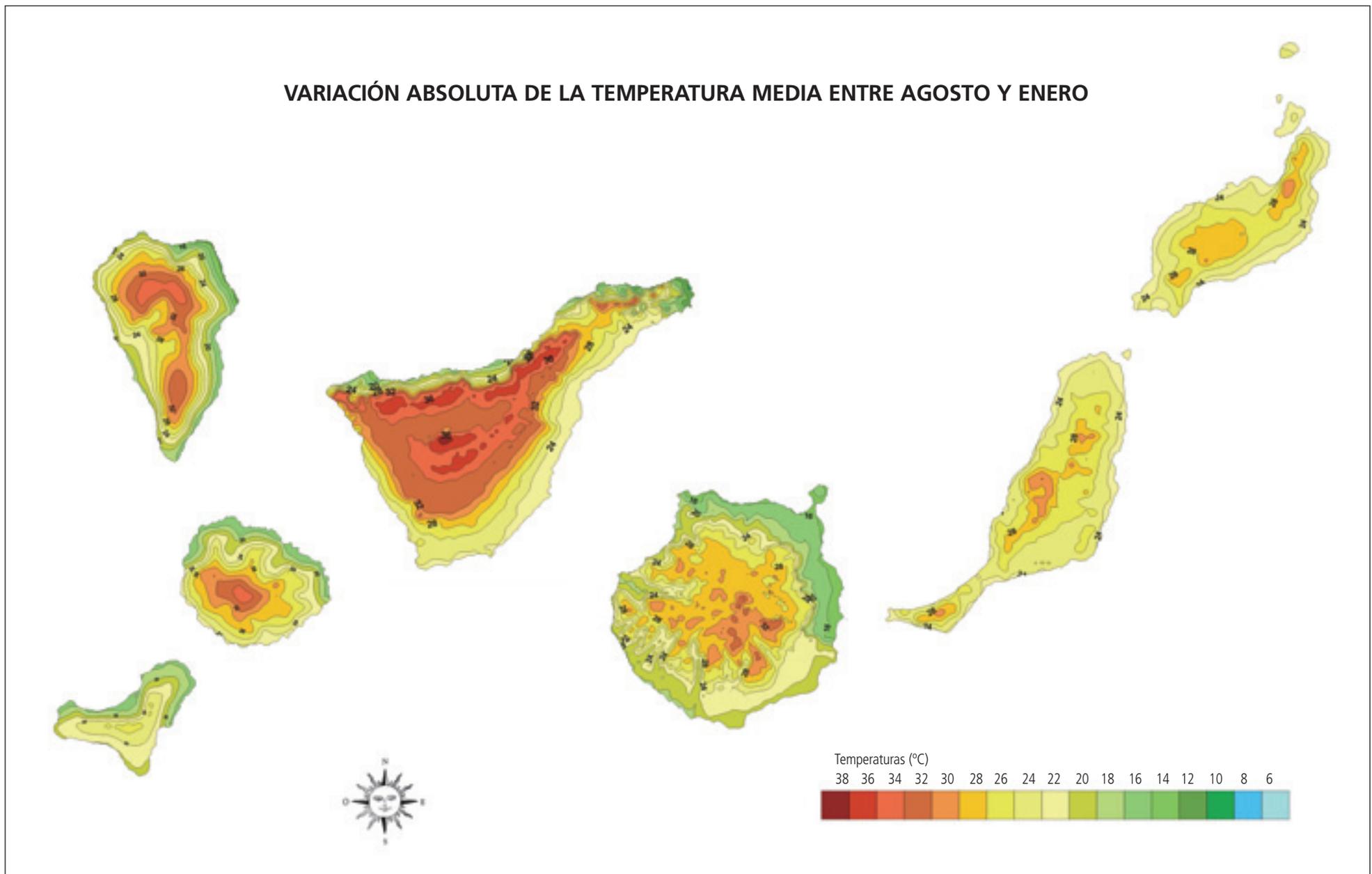


Figura 3.9. Variación absoluta de la temperatura estimada a partir de la diferencia entre la temperatura en agosto y enero.

## VARIACIÓN DE LA HUMEDAD

### Unidades de medida

La humedad se refiere a la cantidad de agua que contiene un determinado valor o masa de aire. Se puede definir de forma absoluta mediante la humedad absoluta, o de forma relativa mediante la humedad relativa o grado de humedad.

La humedad absoluta determina la cantidad de agua presente en el aire y se puede expresar en forma de gramos de agua por kg de aire (g/kg) en forma de gramos de agua por metro cúbico de aire (g/m<sup>3</sup>), o mediante la presión de vapor en pascales (Pa), kilopascales (kPa) o milímetros de mercurio (mm Hg). La humedad absoluta permanece relativamente estable pese a la variación de la temperatura mientras no se mezclen masas de aire diferentes.

La humedad relativa representa la humedad que contiene una masa en relación a la máxima humedad absoluta que podría contener en relación a la que podría tener en saturación. Se mide mediante el % de agua que contiene un volumen de aire a determinada temperatura respecto al que contendría en condiciones de saturación (100%). El valor de humedad relativa del 100% equivale al valor de saturación, que se produce cuando la temperatura es igual o inferior a la temperatura del punto de rocío.

### Factores condicionantes

La humedad relativa aumenta al disminuir la temperatura. Por eso, cuando baja la temperatura, durante la noche o al ascender unas masas de aire, se forman nieblas, nubes, precipitación, escarcha, rocío, nieve y hielo en función de la temperatura y de la humedad del aire (figura 3.10).

Cuando una masa de aire se enfría, al ascender o por otro motivo como el contacto con aire más frío, el aire aumenta la humedad relativa, formándose primero nubes y, si continúa el enfriamiento, se forman gotitas de agua que se unen unas a otras hasta formar gotas mayores que pueden caer, dando lugar a precipitaciones (si la temperatura es muy baja, la precipitación se produce en forma de granizo y de nieve). Sin embargo, si las condiciones atmosféricas son estables y el

ascenso de las nubes se ve limitado, el aire no llega a enfriarse lo suficiente para producir precipitaciones dando lugar a formaciones nubosas como el "mar de nubes". En tales condiciones, si se establece un flujo de aire impulsado, por ejemplo, por los alisios, y el aporte de humedad es constante, se produce el fenómeno de la precipitación horizontal.

Si no existe inversión de temperatura, cuando el aire asciende, la humedad relativa aumenta con la altitud mientras que la humedad absoluta disminuye como resultado de la condensación y de la precipitación, lo que refleja que el patrón de variación de la humedad relativa es más complicado que el de la humedad absoluta. Cuando el aire alcanza la temperatura del punto de rocío, la humedad relativa es del 100% produciéndose fenómenos de condensación (nubes, niebla, rocío y escarcha).

La humedad absoluta del aire depende del origen marítimo o terrestre del aire que accede a las Islas y de la estratificación debida a la capa de inversión. Según la altura de la capa de inversión se diferencia una capa de aire situada por debajo de la capa de inversión, con humedad absoluta relativamente elevada, y una capa de aire superior con valores bajos de humedad relativa. En base a ello, en la zona costera la humedad absoluta suele ser del orden de 10 g/m<sup>3</sup> en invierno y de 15 g/m<sup>3</sup> en verano, lo que se corresponde con los datos del aire tropical, mientras que por encima de la capa de

nubes y de la capa de inversión la humedad absoluta es muy baja, siendo en Izaña de sólo 4 g/m<sup>3</sup>.

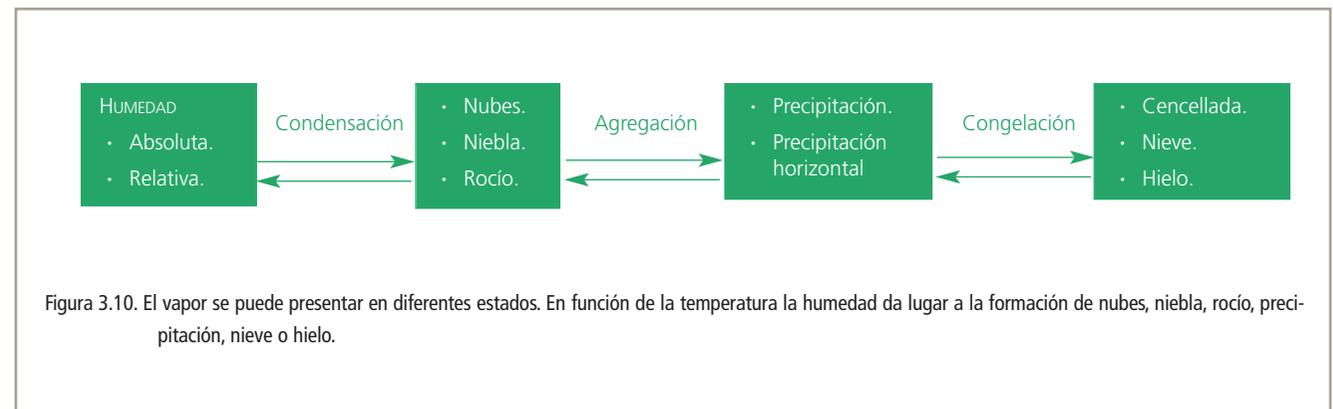
En general, a barlovento se suele diferenciar una capa de nubes que se conoce como mar de nubes, la cual se localiza entre la altura a la que se alcanza el punto de rocío (entre los 500 y los 700 m), a partir de la cual se inicia la condensación de la humedad, y el límite inferior de la inversión que suele situarse a 1200 m, aunque varíe a lo largo del año.

Por encima de la capa de inversión el aire es seco, siendo los valores de humedad relativa muy bajos, particularmente en los meses estivales, como sucede en Las Cañadas y en Izaña.

Otro factor que condiciona la variación de la humedad son los vientos catabáticos cálidos y secos. Éstos se producen al descender una masa de aire, lo que motiva que se caliente y que disminuya la humedad relativa, como sucede en Santa Cruz donde la humedad puede ser muy baja cuando se producen los vientos catabáticos secos que descienden desde La Laguna.

### Humedad media mensual de las máximas diarias

En los observatorios principales localizados en las capitales de provincias, en los aeropuertos y en Izaña la determinación de la humedad se hace a las 7, a las 13, a las 19 y a las 24 horas; sin embargo, en la mayoría de los demás observatorios se realizan registros continuos a partir de los cuales se determina la humedad máxima y la mínima. Para homogeneizar los datos de ambos tipos



de observatorios se asume que los valores máximos de humedad se producen a las 7 horas, cuando la superficie terrestre se ha enfriado y se aproxima a la temperatura del punto de rocío, y que los valores mínimos se producen a las 13 horas, cuando la tempe-

ratura es más alta. Sin embargo, no siempre los valores a las 7 y a las 13 horas son buenos estimadores de los datos extremos, pues en Izaña pueden producirse los valores extremos a otras horas, cosa que muy raramente sucede con las temperaturas.

En la figura 3.11 se representa la variación de la humedad a las 7 h, lo que, en principio, corresponde a la máxima diaria de humedad, apreciando que en Izaña alcanza un valor muy bajo debido a situarse frecuentemente, particularmente en verano,

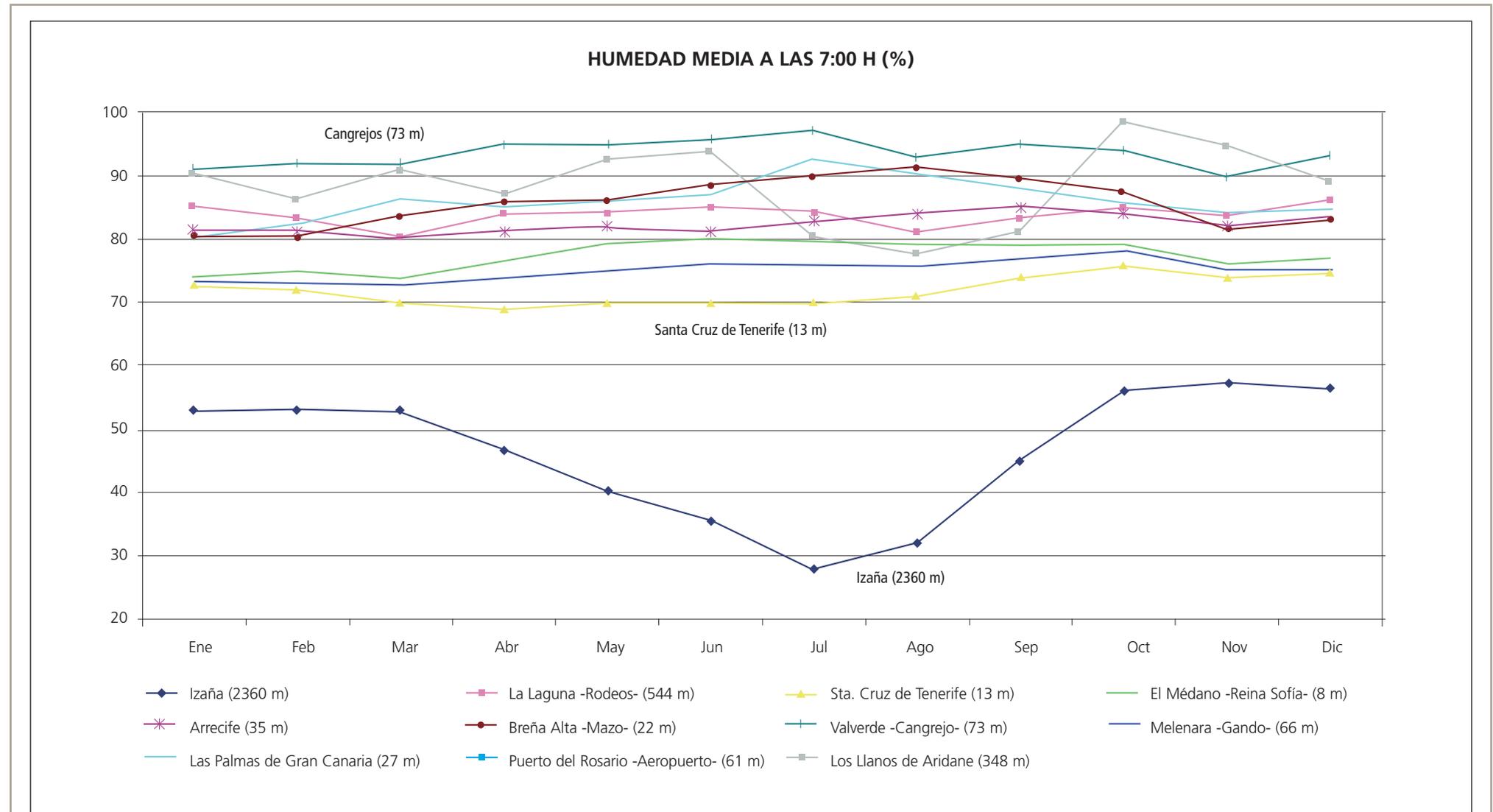


Figura 3.11. Variación mensual de los valores medios mensuales de la humedad a las 7 horas, lo que se puede asociar a la media mensual de las máximas diarias.

por encima del mar de nubes que es cuando se sitúa a menor altitud la capa de inversión.

En general, por debajo de los 600 m de altitud la humedad máxima (por la noche) varía poco a lo largo del año, correspondiendo los valores más altos a las estaciones de barlovento. Sin

embargo, en las estaciones situadas a gran altitud como Izaña se aprecian grandes diferencias a lo largo del año debido a que durante el verano la inversión se sitúa a menor altitud e Izaña se sitúa en la capa seca situada por encima de la capa de inversión, motivando que disminuya mucho la humedad.

### Humedad media mensual de las mínimas diarias

Los valores más bajos de humedad diaria se producen durante el día debido al aumento de la temperatura, aunque en el caso de tiempo sur los valores pueden permanecer muy bajos durante todo el día.

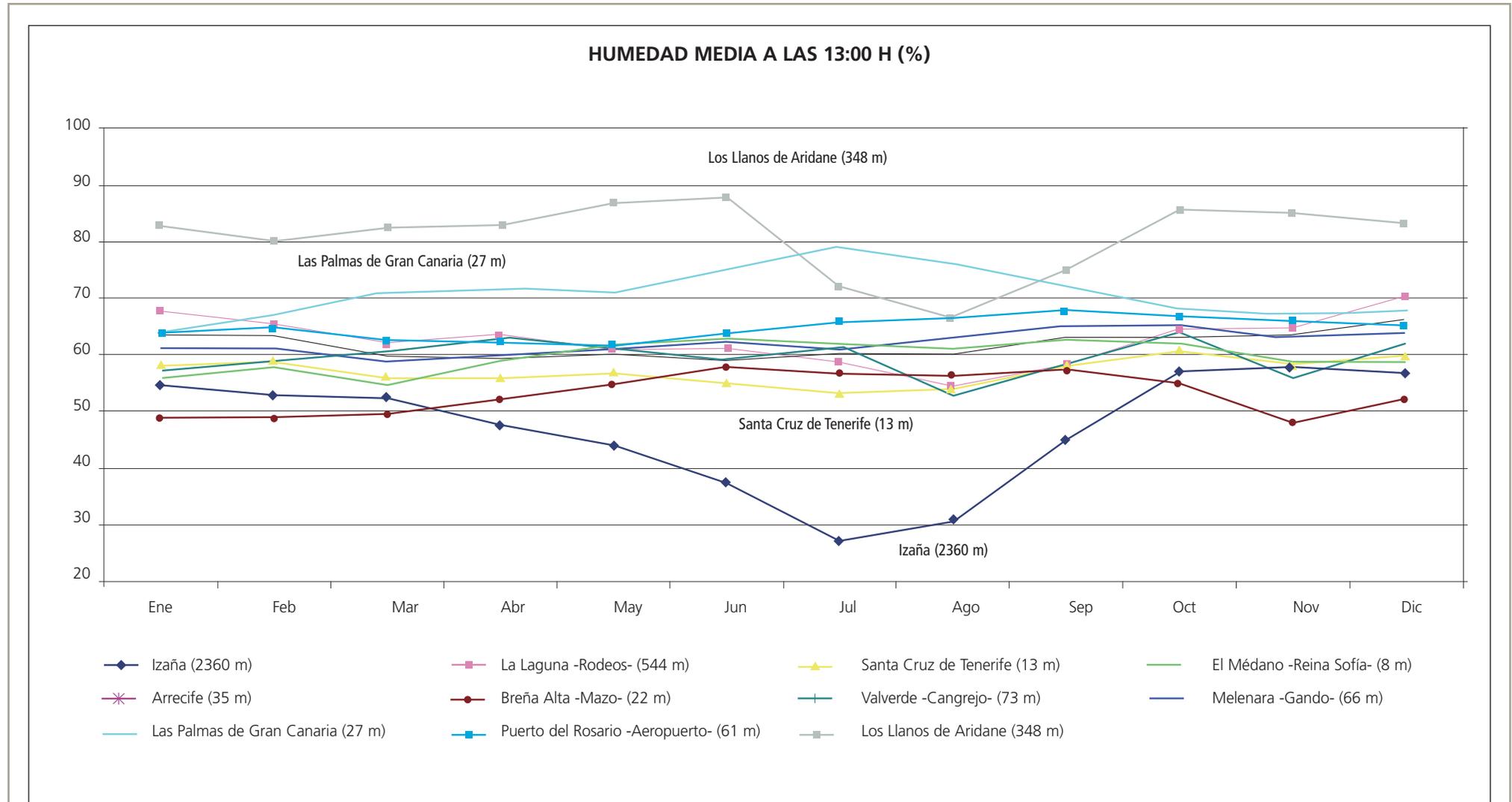


Figura 3.12. Variación mensual de los valores medios de la humedad a las 13 h, lo que se puede asociar a la media mensual de las mínimas diarias.

En la figura 3.12 se analiza la variación de la humedad a las 13 horas en el caso de estaciones situadas a diferente altitud, apreciándose que los valores más bajos se producen durante el verano en el caso de las estaciones localizadas a mayor altitud, debido a que desciende la capa de inversión y

se sitúa en la capa de aire seco, y porque aumenta la llegada de aire caliente seco, como sucede en Izaña; mientras que durante el periodo frío la variación aumenta considerablemente debido al ascenso de la capa de inversión y a la llegada de aire más húmedo.

### Oscilación diaria de la humedad

La oscilación diaria de la humedad se ha estimado restando al valor de la humedad a las 7 h, la humedad a las 13 h.

En la figura 3.13 se representa la variación de la oscilación diaria de la humedad de estaciones situadas a diferente altitud y

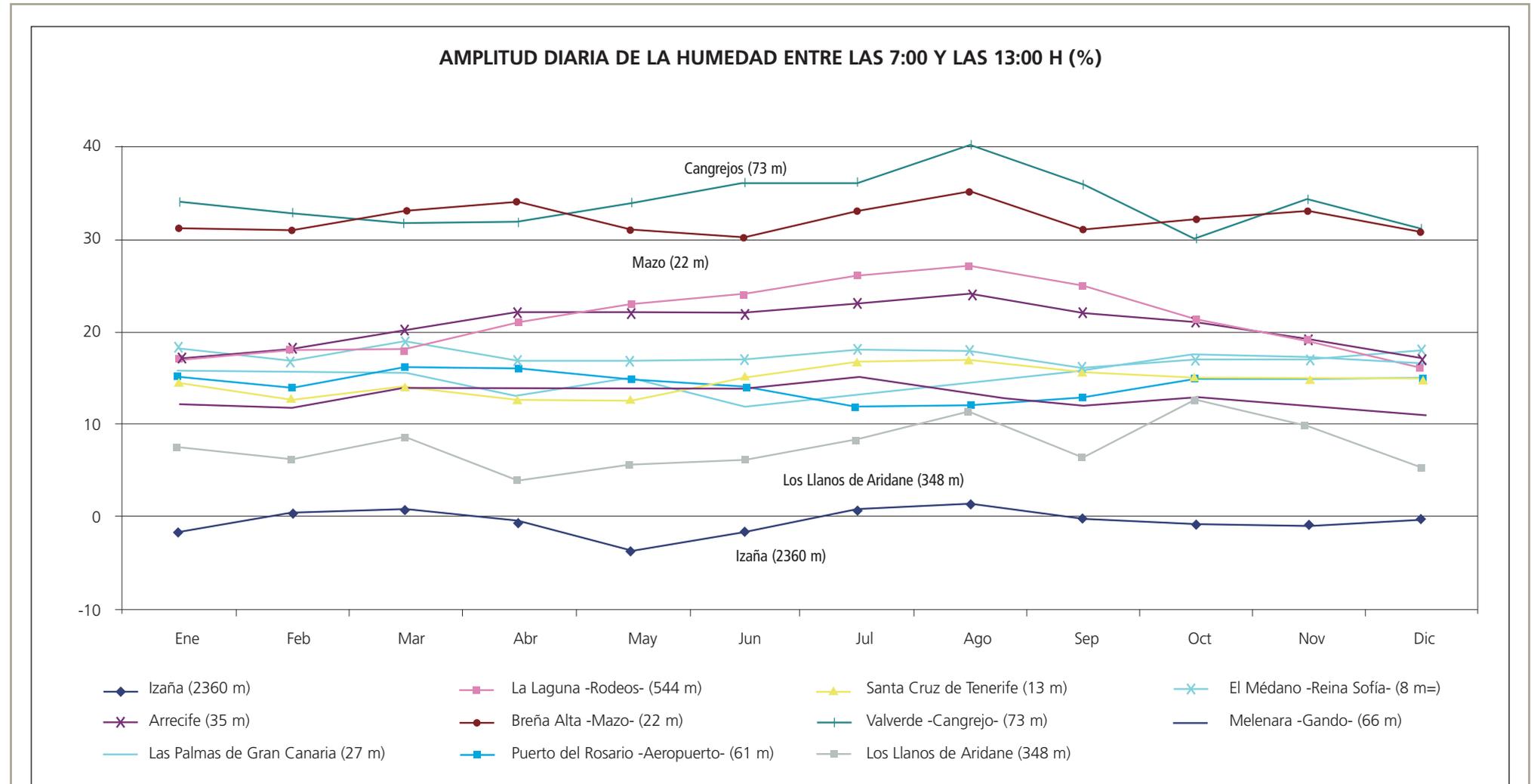


Figura 3.13. Variación mensual de la oscilación de la humedad en localidades situadas a diferente altitud y a diferente orientación respecto al alisio (barlovento, sotavento).

orientación. Se aprecia que las variaciones nuevas corresponden a Izaña y a los Llanos de Aridane debido a que en el primer caso las máximas y las mínimas son muy bajas, mientras que en el segundo caso son muy altas.

En general, las zonas situadas en la capa húmeda y a barlovento presentan una oscilación reducida de la humedad, produ-

ciendo las mayores oscilaciones las zonas que se sitúan por encima de la capa húmeda y que se encuentran a sotavento.

Al considerar la oscilación de la humedad en Izaña o en otras estaciones que quedan frecuentemente por encima del mar de nubes hay que interpretar los datos con cuidado debido a que algunas veces la humedad máxima no se produce a las 13 h, ni las mínimas a las 7 h.

### Nubosidad y nieblas

La nubosidad se mide en décimas de cielo cubierto o mediante el número de días cubiertos.

En la figura 3.14 se describe la variación del número de días cubiertos a lo largo del año en el caso de estaciones situadas a diferente altitud, apreciándose en primer lugar que disminuye en

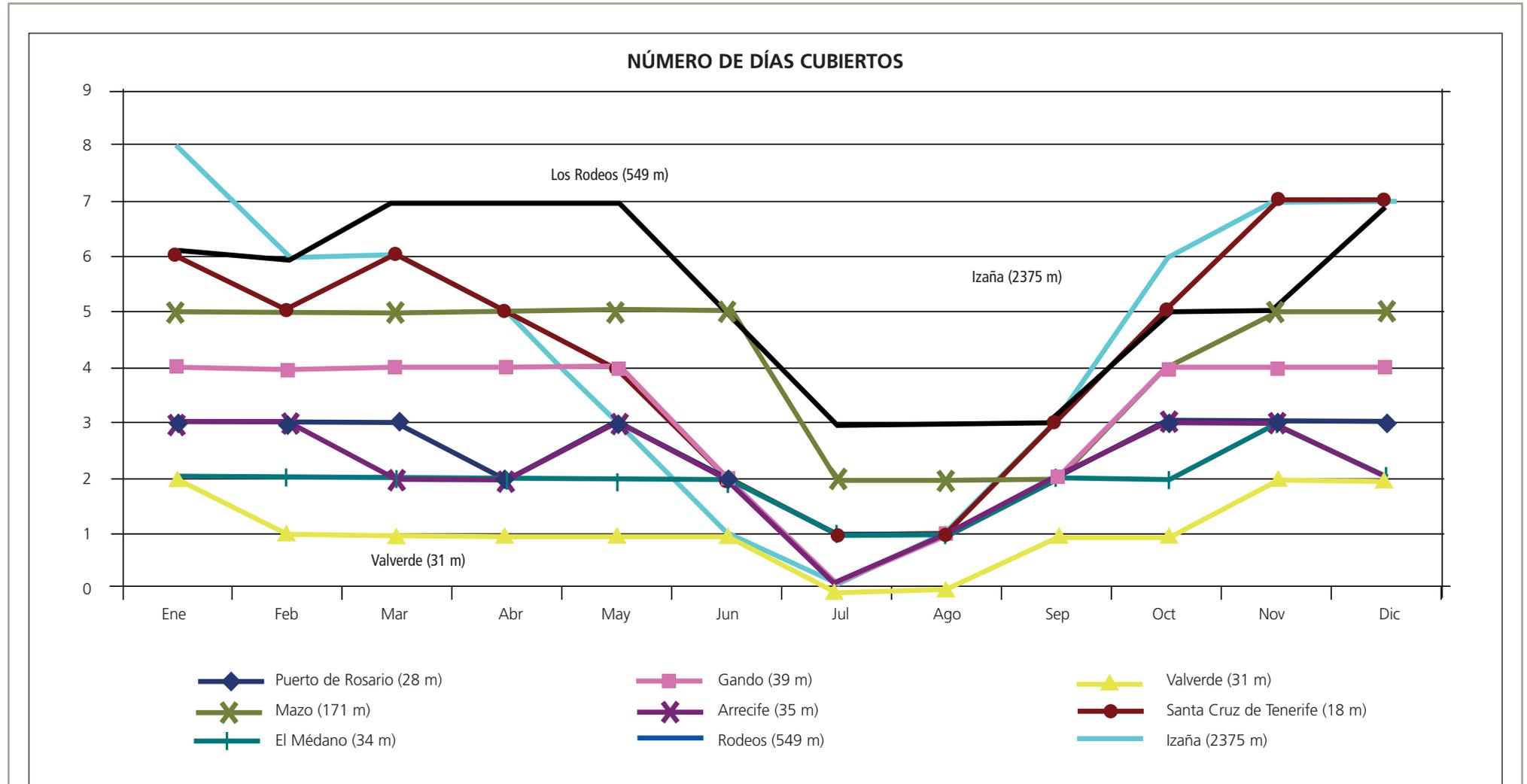


Figura 3.14. Número de días cubiertos en diferentes estaciones.

verano y que aumenta en invierno, en segundo lugar que la variación es diferente según que se sitúen por debajo o por encima del mar de nubes, y por último que también varía según que se consideren estaciones localizadas a barlovento o a sotavento.

En las zonas situadas por debajo de la inversión y a sotavento, el aire es más húmedo y la nubosidad más alta en verano que en invierno, como sucede en Las Palmas, llegando a aumentar el valor de la humedad relativa en casi 7 décimas en el mes de julio, algo que se repite en otros lugares expuestos al alisio como La Paz. Además, la nubosidad es mayor en invierno que en verano, alcanzando en Güímar y en Santa Cruz, en el mes de julio, 2 décimas y 1,5 décimas respectivamente.

En las zonas medias y a barlovento, la nubosidad aumenta con la altitud hasta los 1.500 m en las laderas expuestas al alisio, comenzando a disminuir a partir del límite inferior de la capa de inversión. Sin embargo, a sotavento del alisio, la nubosidad es muy reducida, siendo en verano de 1,5 décimas de cielo cubierto en Santa Cruz de Tenerife. Por otro lado, en las zonas altas la nubosidad es poco significativa.

Las "nieblas" representan nubes que se localizan a nivel del suelo producidos al enfriarse el suelo por la noche por irradiación nocturna y enfriarse secundariamente el aire próximo al suelo.

En las zonas costeras las nieblas son prácticamente inexistentes debido a que el agua templada la temperatura, excepto si la temperatura del agua es baja, como sucede en la costa africana por la corriente de Canarias, donde se producen nieblas frecuentemente. Hacia el interior sólo se producen nieblas de radiación a las primeras horas de la mañana unos diez días al año. En las zonas medias, a sotavento del alisio, se producen nieblas donde la superficie del terreno entra en contacto con el "mar de nubes", presentando La Laguna nieblas unos doce días al año, pudiendo ser de radiación o asociados a la superficie del mar de nubes.

A mayor altitud aumentan las nieblas de contacto, alcanzando en Izaña los 80 días al año. Sin embargo, en las zonas muy altas las nieblas son poco frecuentes. La nubosidad y las nieblas tienen gran influencia a la hora de evaluar la radiación y condicionar la precipitación aportada.

## DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN

### Precipitación total

La precipitación representa la cantidad de agua que cae sobre el terreno en forma de lluvia, de nieve o de granizo. Se mide en litros por m<sup>2</sup> y en mm de precipitación, que constituyen medidas equivalentes.

En la figura 3.15 se ha cartografiado la variación de la precipitación media anual, presentando un patrón de variación claramente relacionado con la altitud, que varía desde los 100 mm de las zonas más secas a algo más de 750 mm en las regiones con mayor precipitación, si bien la relación no es lineal debido al efecto de la capa de inversión. Así, la precipitación aumenta con la altitud, pero sólo sucede así hasta cierta altura, por encima de la cual disminuye la precipitación.

Las islas con menor precipitación son las más bajas (Lanzarote y Fuerteventura) debido a que el efecto orográfico es reducido, mientras que las islas con mayor altura presentan valores de precipitación mayores. La isla con mayor precipitación media es La Palma y en segundo lugar Tenerife, mientras que el Hierro, pese a ser la más occidental, sólo ocupa el tercer lugar, debido a que se trata de una isla joven y su altitud es moderada. En esta línea, los valores más bajos corresponden a Fuerteventura y Lanzarote, que son las islas con una topografía más baja, debido en este caso a su antigüedad, que ha motivado la erosión de sus cumbres más altas. Por el contrario, los valores más altos corresponden a las islas con antigüedad intermedia, como Gran Canaria y Tenerife, que poseen la mayor altitud.

Un factor importante es la orientación. A este respecto, en la figura 3.16 se aprecia cómo, a sotavento, la precipitación aumenta linealmente con la altitud hasta aproximadamente los 1.600 m en que se sitúa la capa de inversión durante el invierno, descendiendo linealmente a partir de esta altitud, localizándose las zonas con mayor precipitación entre los 750 m y los 1.500 m. Por otro lado, en las laderas a sotavento del alisio las lluvias aumentan con la altitud a lo largo de todo el gradiente, pero la pendiente es menor.

La variación de las precipitaciones a lo largo del año depende también del tipo de tiempo. Durante la segunda mitad del otoño y la primera mitad del invierno la invasión de aire polar marítimo da lugar a importantes temporales condicionados por el relieve que, pese a su corta duración, contribuyen significativamente al aumento de la precipitación hasta el extremo de que si disminuye el número de temporales el año resulta seco. Sin embargo, las lluvias más copiosas se asocian a la llegada de masas de aire húmedo tropical de componente sur, que aunque son poco frecuentes, producen lluvias chubascosas intensas que pueden totalizar en unas horas cantidades equivalentes a las que se totalizan en un año, haciendo que varíe considerablemente la cantidad anual de lluvia a lo largo del año. En la producción de este tipo de precipitaciones la contribución del relieve no es poco significativa dado que el aire asciende en el seno de la perturbación aunque el relieve no sea propicio.

Las "tormentas" son poco frecuentes, entre dos y tres veces al año, produciéndose tres o cuatro al año. En general, los meses más tormentosos suelen ser noviembre y marzo. El "granizo" se produce cuando las gotas se hielan y se agregan formando campos sólidos de entre pocos milímetros y un centímetro, si bien en casos excepcionales el granizo puede alcanzar el tamaño de una avellana. Se trata de un fenómeno raro, pues sólo una de cada tres tormentas produce granizo.

Un componente importante en el régimen de lluvias de Canarias es su irregularidad. En las zonas más lluviosas la precipitación puede llegar a los 300 mm y en las localidades más secas a unos 150 mm. Por tal motivo, los valores de precipitación media en Lanzarote y Fuerteventura son poco significativos, pues la precipitación en los años lluviosos es muy superior a la media y en los años secos es muy inferior a la media.

El "número de días de lluvia" representa el número de días en los cuales la precipitación que recoge el pluviómetro es igual o mayor de una décima de milímetro, una cantidad muy pequeña que apenas contribuye al cómputo de la precipitación. En las zonas más lluviosas, el número de días varía entre 50 y 60 días, mientras que en las zonas secas varía entre 20 y 30 días.

### DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL

Islas Canarias

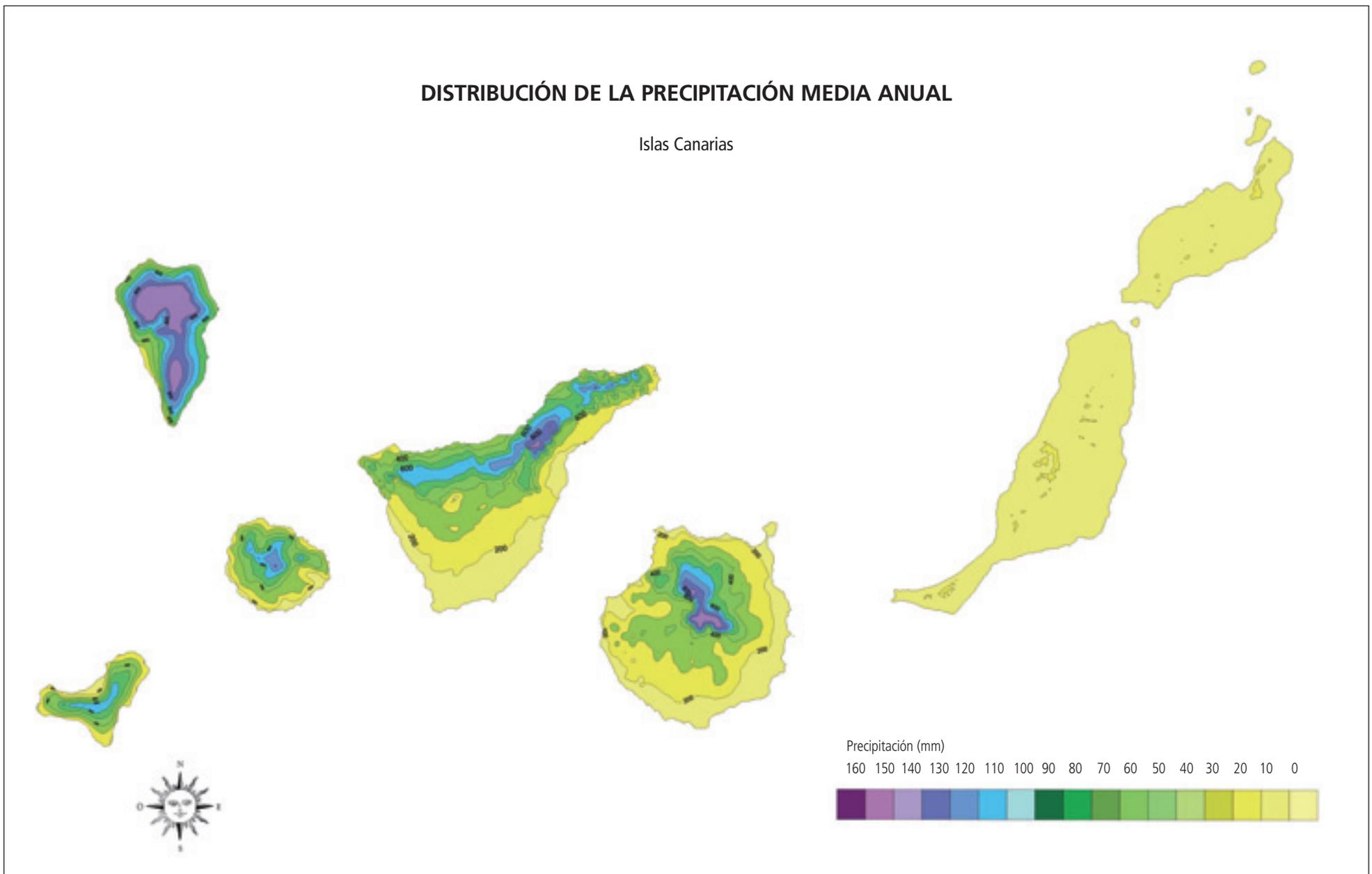


Figura 3.15. Distribución de la precipitación media anual en Canarias. Las islas más altas son las más húmedas (Tenerife, La Palma y Gran Canaria) mientras que las más bajas son las más áridas (Fuerteventura y Lanzarote).

Los "días de nieve" contabilizan los días en los que la nieve llega a cuajar. Esto se produce de forma esporádica por encima de los 1.200 m, aumentando por encima de los 1.700 m. En Izaña nieva once días al año, pudiendo producirse nevadas de más de un metro de espesor que duran varios días; en Las Cañadas el suelo puede permanecer cubierto de nieve quince días al año, y a mayor altitud, en el Pico del Teide, la nieve puede permanecer varias semanas en lugares muy resguardados.

### Otros componentes de la precipitación

La cantidad de humedad que recoge el suelo no depende sólo del agua de lluvia, nieve y granizo sino que intervienen otros fenómenos que incrementan el agua recibida por el suelo debido al efecto de las nieblas goteantes, el rocío, la escarcha y las "cencelladas" o nieblas heladas.

Las "nieblas goteantes" se conocen también como "precipitaciones horizontales" y se producen cuando un flujo continuo de aire con nieblas, asociado frecuentemente al "mar de nubes" que se forma en las zonas de medianías, entra en contacto con vegetación de pinos o de laurisilva, propiciando que las gotas de agua se deposite sobre las hojas u otro elemento interceptor, motivando que en áreas locales la cantidad de agua que recibe el suelo sea 20 veces superior a la proporcionada por la lluvia, constituyendo un suministro extra de agua que permite el desarrollo de grandes masas de vegetación como sucede en Aguamansa, Madre del Agua, Pino del Agua, y en el "árbol santo" o "Garóé", mientras que en otras áreas la cantidad de precipitación por este fenómeno sólo se triplica en función de la velocidad de los vientos que acarrear las nubes y de la continuidad del flujo de aire húmedo.

El "rocío" se produce cuando la humedad del aire entra en contacto con una superficie fría, particularmente durante las noches serenas al enfriarse la superficie del terreno por irradiación hasta alcanzarse el punto de rocío, motivando que la humedad se condense el vapor de agua y que se formen gotitas de agua que se depositan sobre la superficie. En general, el rocío es raro en Canarias debido a la escasa frecuencia de periodos de calma en lugares abiertos, aunque en zonas más húmedas como

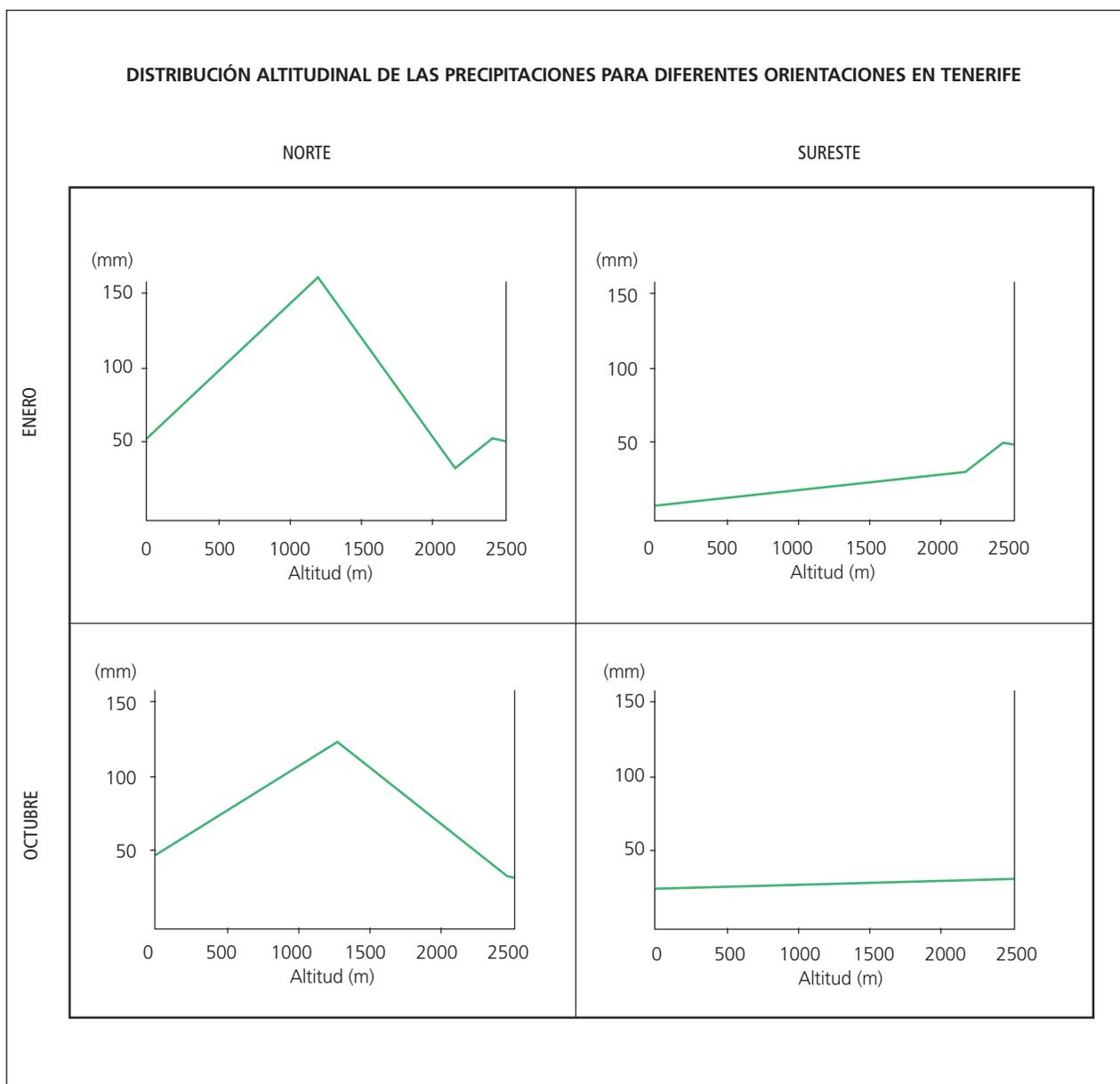


Figura 3.16. Variación de la precipitación con la altitud para diferentes orientaciones en Tenerife.

Los Rodeos pueden producirse entre 5 y 20 días al año. Un tipo particular de rocío es el "rocío interno" que se produce en los cultivos "enarenados" (gravilla volcánica de color negro y estructura granular) cuando el viento húmedo penetra en el suelo por la noche, y éste está frío por radiación, motivando que la humedad del aire se condense en el suelo. En tales circunstancias, si el aporte de humedad se renueva con nuevas aportaciones debido a vientos húmedos, el agua depositada aumenta considerablemente la cantidad disponible para las plantas que se cultiva en los enarenados, lo que unido a que el enarenado reduce la evaporación del agua, posibilita que puedan darse cultivos en lugares con escasa precipitación que no podrían existir en otras condiciones como sucede en Lanzarote, donde además de enarenados se cultiva sobre picón y sobre coladas que aprovechan procesos similares a los descritos que permiten cultivar zonas con escasas precipitaciones.

Las nieblas heladas o "cencellada" corresponden a nieblas que alcanzan una temperatura inferior a cero (estado de subfusión) y al chocar con la vegetación forman gotitas de hielo que se depositan en las plantas, adquiriendo éstas un aspecto especial al aparecer rodeadas de una capa de filamentos de hielo; fenómeno que se produce con cierta frecuencia en las cumbres y que se pueden apreciar fácilmente en Las Cañadas (Tenerife).

## VARIACIÓN DEL VIENTO

### Vientos generales

El viento representa un fenómeno meteorológico caracterizado por el aire en movimiento que se evalúa determinando su dirección mediante una rosa de viento y su velocidad en metros por segundo (m/s), datos a partir de los cuales se pueden elaborar diferentes diagramas que recogen la frecuencia con la que se dan vientos de determinada componente y velocidad.

La distribución de la dirección y velocidad del viento es un fenómeno muy variable que depende del tipo de tiempo (situación sinóptica), de la altitud y de la fisiografía del lugar ya que los accidentes topográficos puede hacer que el viento varíe en pocos metros, condicionando la escala de distribución

del viento. A este respecto se diferencia entre vientos generales, vientos sectoriales y vientos locales.

Los vientos generales dependen de la situación sinóptica y afecta a varias localidades, estando condicionados por las situaciones sinópticas que se suceden a lo largo del tiempo.

En general, los vientos generales más frecuentes en Canarias son los alisios. Estos presentan por debajo de los 1500 m un componente dominante del NE, mientras que un poco más por encima presenta componente NW, como sucede en Izaña y más por encima domina el componente SW (figura 3.17).

Otros vientos generales son los vientos del oeste ligados a las borrascas atlánticas, que se producen particularmente duran-

te el invierno y la primavera. Sin embargo, durante el verano los vientos característicos tienen componente sur, ligados al tiempo sur, que traen aire cálido y polvo del continente africano y que generan situaciones de "calima" con baja visibilidad y fuerte inversión térmica.

Los vientos generales pueden verse modificados por la topografía del terreno. En el caso de Los Rodeos (Tenerife) la topografía del territorio circundante en forma de silla de montar canaliza el flujo del aire confiriendo al alisio un particular componente del NW.

La velocidad media del viento es mayor en verano que en invierno debido a la constancia de los alisios, pudiendo darse

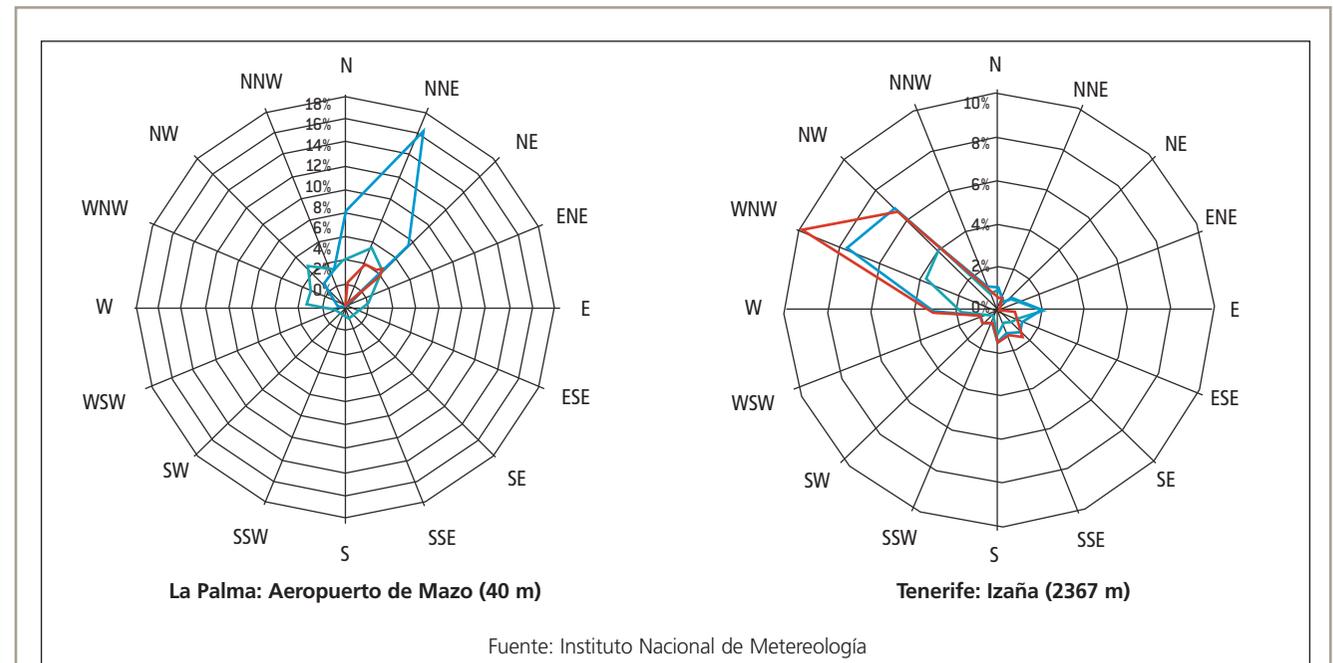


Figura 3.17. Distribución de la dirección y velocidad del viento en dos estaciones situadas a diferente altitud. En general, en la capa por debajo de la inversión la dirección general de los alisios es NE. Según aumenta la altitud predominan los vientos de componente NW. En algunos casos se producen efectos locales asociados a topografías del territorio. Fuente: Instituto Nacional de Meteorología.

situaciones puntuales en las cuales la velocidad supera los 100 km/h (figura 3.18).

### Vientos sectoriales y locales

Los vientos locales se producen cuando la dirección de los vientos generales se ve alterada por la topografía (vientos secto-

riales) o por otros accidentes de menor magnitud como edificaciones.

Entre los recursos locales se tienen los vientos sectoriales de mar a tierra y los vientos de tierra a mar que, en general, siguen la dirección de los valles de forma ascendente o descendente, y que se producen como consecuencia del calentamiento diferen-

ciado del mar y de la tierra a lo largo del día. Por las noches el mar suele estar más cálido que las zonas terrestres, motivando que se produzcan brisas marinas que soplen desde Tierra, mientras que durante el día la superficie terrestre está más caliente y se producen brisas que van del mar a la tierra contribuyendo a refrigerar la temperatura del interior.

Otro tipo de vientos sectoriales son los vientos catabáticos descendentes, que pueden ser fríos o cálidos. Los primeros se producen como consecuencia del enfriamiento de la superficie del suelo por la noche durante los días despejados. Así, en la Caldera de Taburiente el aire frío superficial que se forma por las noches debido a la irradiación terrestre nocturna discurre por las laderas y se acumula en el barranco de las Angustias desde

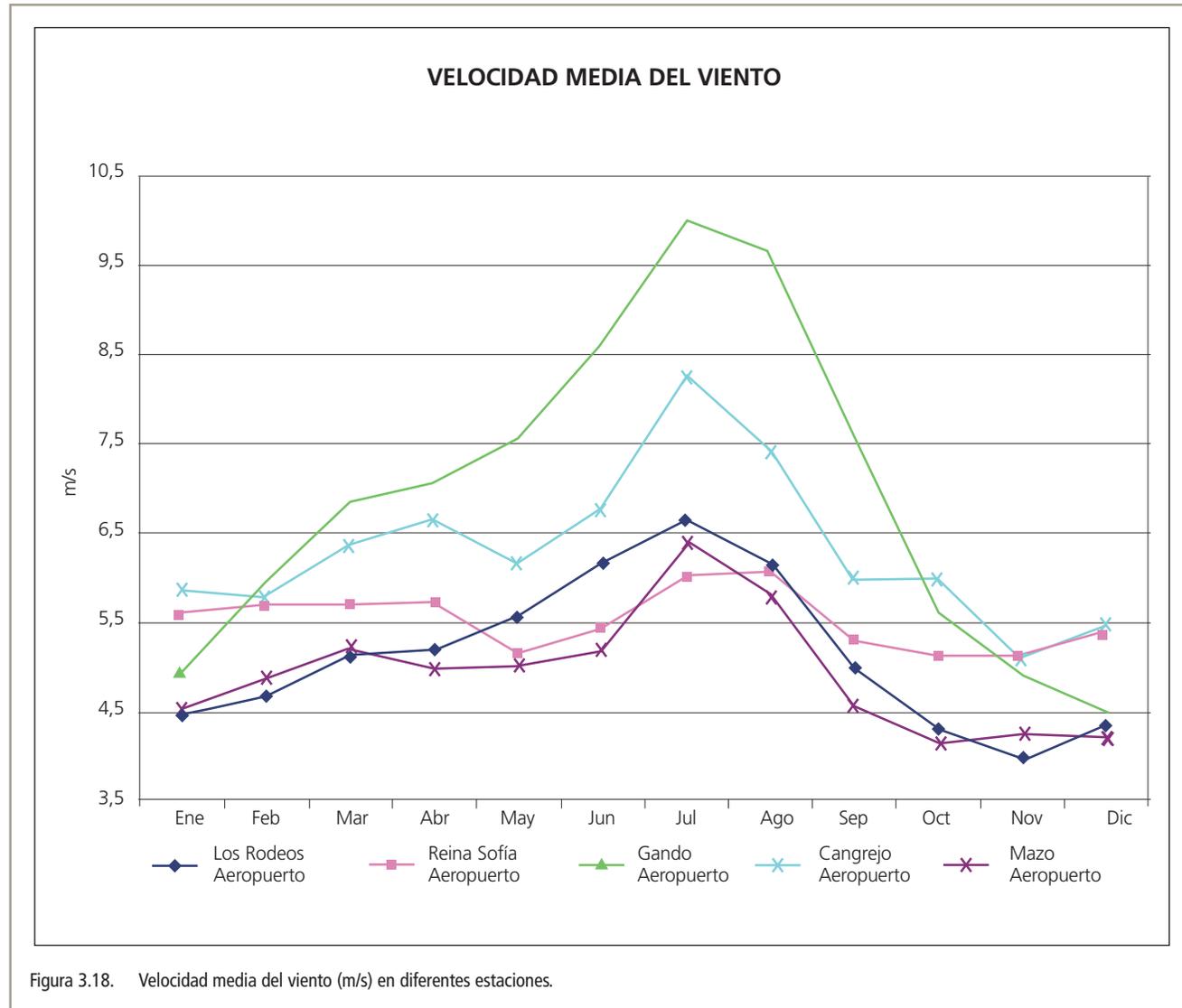


Figura 3.18. Velocidad media del viento (m/s) en diferentes estaciones.

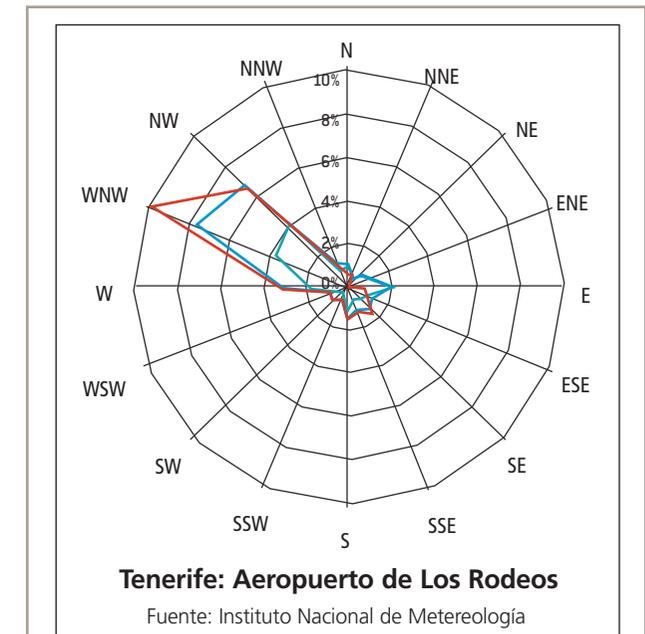


Figura 3.19. Rosa de los Vientos del Aeropuerto de Los Rodeos en La Laguna. La frecuencia de los vientos de componente NW que se debe a la topografía que se localiza La Laguna, que tiene forma de silla de montar.

donde se canaliza al el Valle de Aridane, motivando que en éste disminuya la temperatura más de lo esperado en función de su altitud y proximidad al mar (figura 3.20).

Los vientos catabáticos cálidos se producen a sotavento del alisio, cuando el alisio, que se ha visto obligado a ascender a lo largo de una ladera, enfriándose, perdiendo humedad absoluta y aumentando la humedad relativa, sobrepasa la cumbre y comienza a descender, calentándose y disminuyendo la humedad relativa, dando lugar a un viento cálido y seco que afecta las localidades situadas a barlovento, como Santa Cruz de Tenerife,

que se ve afectada por el viento cálido que desciende desde La Laguna de componente norte debido a que es canalizado por las borrascas (figura 3.21).

### RADIACIÓN SOLAR

#### Componentes de la radiación

La radiación representa la energía electromagnética procedente del sol que llega a la superficie terrestre de un territorio. Depende cualitativa y cuantitativamente de la constante

solar, de la composición de la atmósfera que atraviesa y de la latitud geográfica. Para caracterizar la radiación conviene diferenciar sus componentes: radiación directa y radiación difusa.

- Radiación directa: radiación solar recibida directamente del sol sin que haya sido difractada por la atmósfera.
- Radiación difusa: radiación solar recibida indirectamente del sol, después de que su dirección haya sido cambiada debido a los procesos de reflexión y refracción que ocurren en la atmósfera.



Figura 3.20. Viento catabático frío que baja por el barranco de las Angustias en La Palma y hacer que bajen las temperaturas más de lo que conviene esperar en función de la altitud en diversas zonas del municipio de Los Llanos de Aridane. Valle de Aridane.

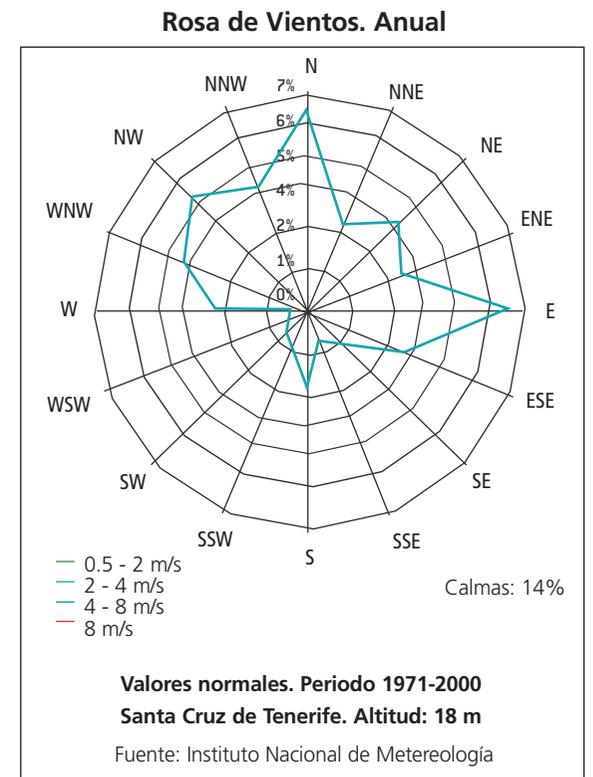


Figura 3.21. En Santa Cruz predomina viento de componente norte debido a que recibe los vientos catabáticos cálidos que se canalizan hacia el sur desde La Laguna.

La radiación total que recibe una superficie es la suma de la radiación directa y la difusa que inciden sobre una superficie.

### Medidas de la radiación

La irradiancia solar representa la potencia instantánea incidente por unidad de superficie de la radiación electromagnética que procede del Sol y se mide en unidades del sistema internacional (S.I.) en  $W/m^2$ . La irradiación representa la energía solar recibida medida en Vatios-hora por metro cuadrado ( $Wh/m^2$ ), siendo resultado de integrar el valor de la irradiancia promediado en un día (figura 3.22).

### Variación de la radiación

La constante solar es la energía procedente del Sol por unidad de tiempo que se recibe sobre una superficie unitaria perpendicular a la dirección de propagación de la radiación, ubicada a  $1,495 \times 10^{11}$  m del Sol (distancia media Sol-Tierra) y que estuviera localizada fuera de la atmósfera terrestre. El World Radiation Center (WRC) establece que su valor es  $1367 W/m^2$ .

Al atravesar la atmósfera terrestre la radiación solar disminuye debido a los procesos de absorción y reflexión producidos al incidir sobre las moléculas de elementos presentes en la atmósfera. La cantidad de moléculas de agua, ozono y  $CO_2$ , las nubes, la latitud geográfica, la inclinación del terreno y la presencia de obstáculos geográficos determina finalmente la radiación solar recibida sobre un determinado emplazamiento.

En Canarias ejerce gran influencia el mar de nubes que, a su vez, está relacionado con la orientación a barlovento y sotavento del alisio, con la altitud y con la altura de la capa de inversión.

Los valores más altos de irradiación se obtienen en verano en las estaciones poco afectadas por la nubosidad, como Izaña y el aeropuerto Reina Sofía (figura 3.23).

Las zonas afectadas por el mar de nubes presentan valores de radiación reducidos como sucede en el caso de las estaciones situadas en Los Rodeos (figura 3.24).

El número de días de sol puede utilizarse para estimar la irradiación, dado que presenta un patrón de variación equivalente y que depende, como la irradiación, de la nubosidad y de la topografía.

El número de horas de sol es elevado en las estaciones orientadas al sur y que no están afectadas por el mar de nubes. Varía con la altitud, siendo más significativo el efecto de la nubosidad que el efecto del espesor de la atmósfera.

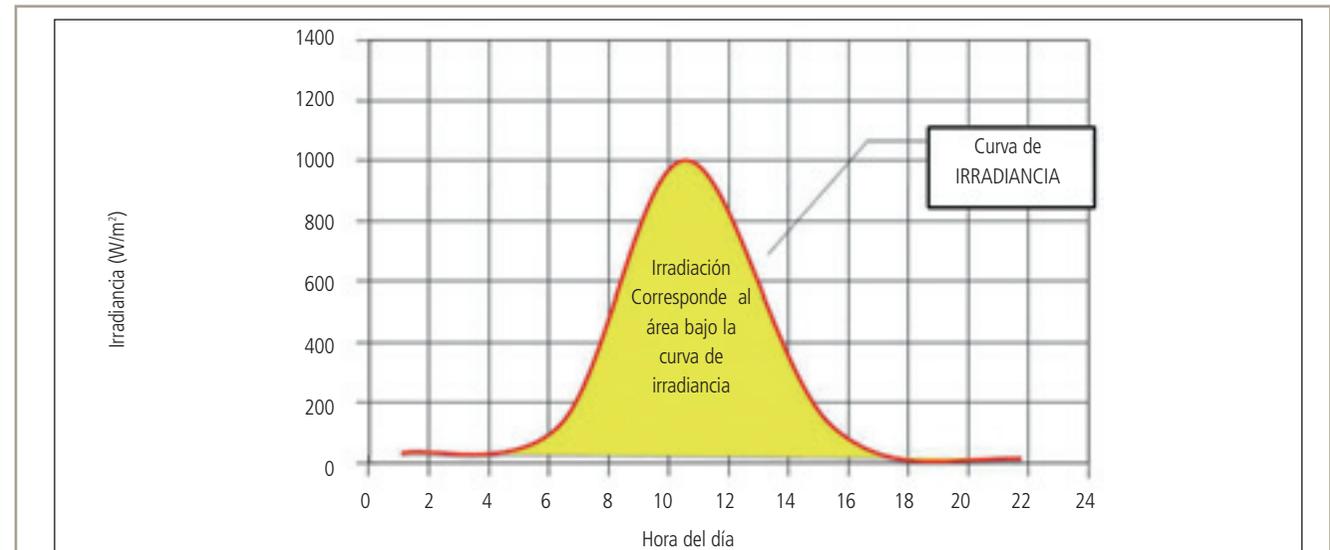


Figura 3.23. Diferencia entre los conceptos de radiación y de irradiación. La irradiación corresponde a la integral de la variación de la irradiancia a lo largo del día. Promediando los valores diarios se puede obtener la irradiación media mensual.

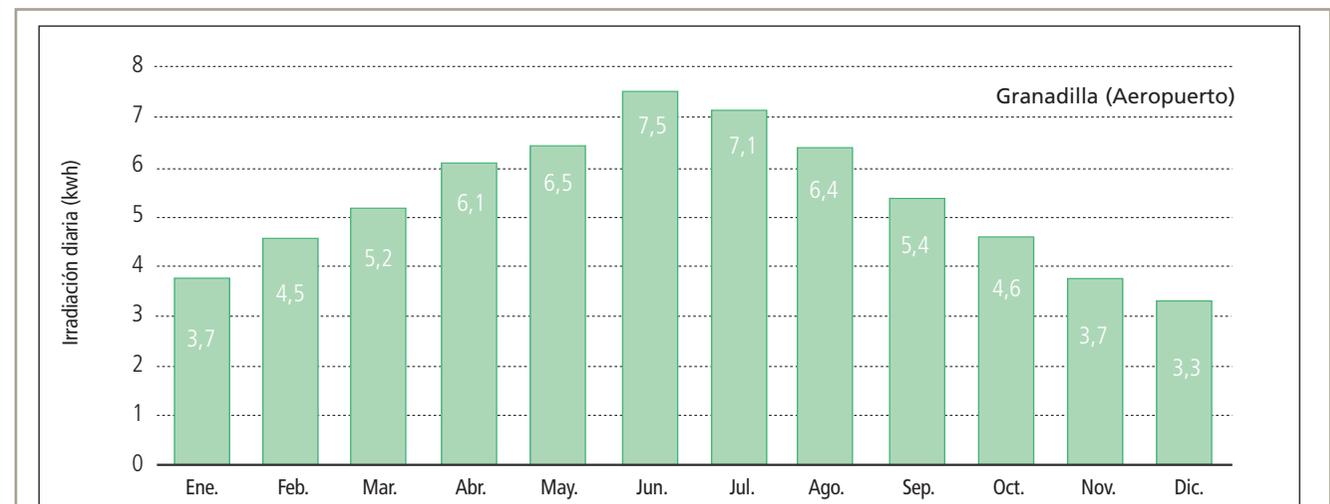


Figura 3.24. Irradiación en el aeropuerto de Reina Sofía. Granadilla, Tenerife.

En la figura 3.25 se ofrece la variación de las horas de sol a lo largo del año de una serie de estaciones con diferente altitud y orientación, apreciando como los valores más altos corresponden a estaciones situadas a gran altitud, seguidas de las estaciones bajas orientadas al sur, de las estaciones bajas orientadas al norte y, por último, con los valores más bajos, de las estaciones afectadas por el "mar de nubes" inicialmente localizadas a barlovento del alisio y a la altitud en que se forma el mar de nubes, donde la insolación es reducida.

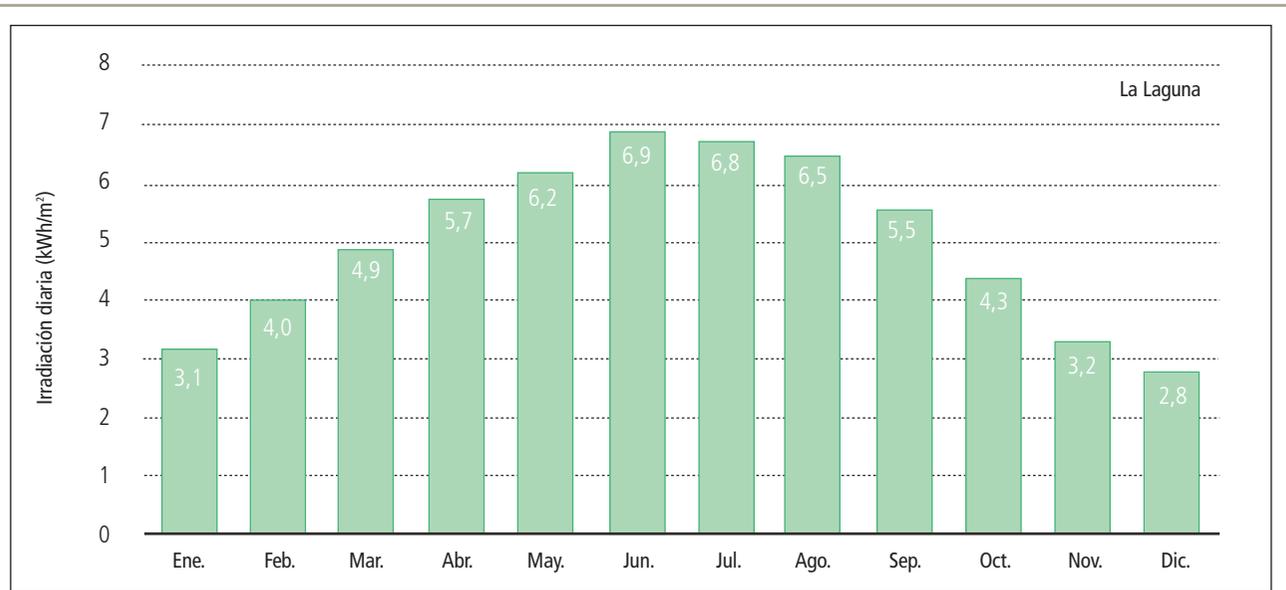


Figura 3.24. Irradiación, en el aeropuerto de Los Rodeos. La Laguna, Tenerife.

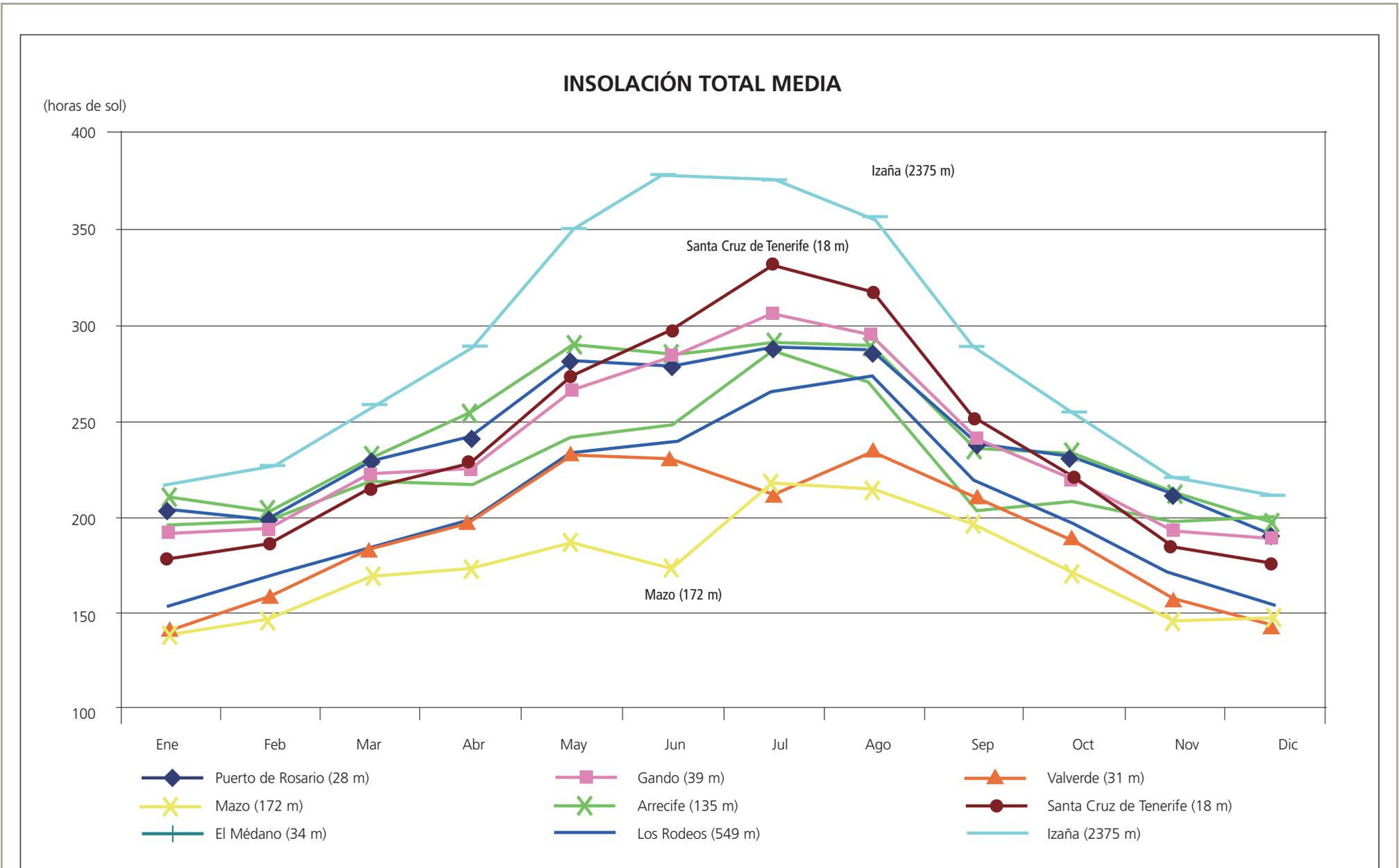


Figura 3.26. Variación de la insolación a lo largo del año en estaciones situadas a diferente altitud.