

RAFAEL SERAFÍN ALMEIDA PÉREZ

Sección de Geografía (D.A.C.T.), Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

## *El coeficiente de insolación según el método de Gandullo (1974): aplicación al archipiélago canario. Utilidad práctica del coeficiente para una clasificación de la vegetación*

### RESUMEN

Se calcula el coeficiente de insolación según el método de GANDULLO (1974), adaptándolo al archipiélago canario. Los valores hallados se recogen en unas tablas de doble entrada, en función de la pendiente y de la orientación del terreno. Se exponen además los fundamentos teóricos del coeficiente, las modificaciones realizadas y algunos comentarios sobre los resultados obtenidos, así como una propuesta de clasificación de la vegetación basada en este indicador numérico.

### RÉSUMÉ

*Le coefficient d'ensoleillement selon la méthode de Gandullo (1974): application à l'archipel canarien et son utilité pratique pour une classification de la végétation.*- On a calculé le coefficient d'ensoleillement selon la méthode de GANDULLO (1974) en l'adaptant à l'archipel canarien. Les valeurs trouvés sont classifiés dans des tableaux à double entrée, en fonction de la pente et de l'orientation du terrain. On expose en outre les fondements théoriques du coefficient, les modifications réalisées et quelques commentaires sur les résultats obtenus, ainsi qu'une proposition de classification de la végétation basée sur cet indicateur numérique.

### ABSTRACT

*The insolation coefficient by the Gandullo's method (1974): its application to the Canarian archipelago and its practical utility for a classification of the vegetation.*- We have calculate the insolation coefficient following the method by GANDULLO (1974), adapting it to the Canary Islands. The results are expressed in a double entrance numerical table according to land declivity and orientation. Likewise it is explained the theoretical base of this coefficient, the changes performed and some comments on the final results. A proposal of vegetation classification based on this coefficient is also given.

### Palabras clave / Mots clé / Key words

Insolación, pendiente, orientación, coeficiente de insolación, Canarias, vegetación.

Ensoleillement, pente, orientation, coefficient d'ensoleillement, Îles Canaries, végétation.

Insolation, slope, orientation, insolation coefficient, Canary islands, vegetation.

## I INTRODUCCIÓN

LA EVALUACIÓN de la insolación, como parámetro a considerar en estudios del medio físico, al margen de mediciones directas mediante aparatos registradores de su intensidad y/o duración (radiómetros, heliógrafos, etc), entraña bastante dificultad, debido a la naturaleza y

complejidad de los factores que la regulan. Por lo general, las apreciaciones referidas a este parámetro, o relacionadas con él, suelen ser de carácter cualitativo. Conceptos como solana y umbría son utilizados frecuentemente por geógrafos, biólogos, técnicos agrícolas y forestales, arquitectos, etc. Otro tanto ocurre con otros términos empleados en estudios de especies y comunidades vegetales, o en jardinería. Así, decimos que tal o

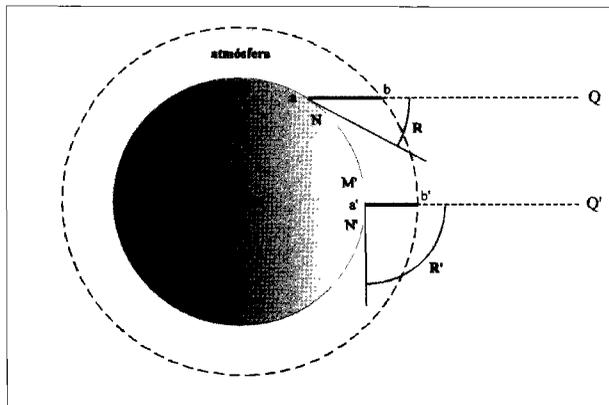


FIG. 1. Efectos de la incidencia de los rayos solares sobre el globo (VIERS, 1975).

cual planta es heliófila, o esciófila, o que se trata de una especie «de sol», «de sombra», «de media sombra», etc, según sean sus requerimientos lumínicos.

En el año 1974, el ingeniero forestal español J. M. GANDULLO, ideó un método para cuantificar la insolación mediante un indicador numérico, en función de la pendiente y la orientación del terreno (sus fundamentos teóricos pueden consultarse en GANDULLO J. M., 1974). Como resultado de la aplicación de dicho método, el autor obtuvo un coeficiente de insolación, para la España peninsular, cuyos valores se recogen al final del mencionado artículo en una tabla de doble entrada, en función de la pendiente, expresada en tanto por ciento, y la orientación, según las dieciséis direcciones principales de la rosa de los vientos

A pesar del tiempo transcurrido desde su publicación y de su indudable interés, por cuanto que representa una aproximación cuantitativa a la evaluación del parámetro aquí considerado, lo cierto es que este indicador numérico apenas se ha aplicado en estudios del medio físico en Canarias, ya sea por desconocimiento, por la relativa complejidad de su cálculo (al no existir publicadas las tablas con los valores correspondientes a la latitud de las islas), o por cualquier otro motivo.

Considerando la finalidad con que fue concebido, que no es otra que «llegar a un indicador sencillo y tabulado que nos evalúe, siquiera aproximadamente, la insolación» (en palabras del propio autor), y convencidos de la validez de sus fundamentos teóricos, hemos procedido al cálculo de este coeficiente adaptándolo a la posición geográfica del archipiélago canario, así como a la elaboración de las correspondientes tablas en las que figuran los valores hallados. El cálculo de estos valores se ha realizado según la metodología de GANDULLO, aun-

que con algunas modificaciones respecto al procedimiento seguido por este autor, al comprobar que con ello mejoraban los resultados y preceptos matemáticos de dicho coeficiente. Tales modificaciones, y las razones que las justifican, se exponen igualmente en el presente artículo. Por último, se presenta una propuesta de *clasificación de la vegetación según sus requerimientos lumínicos (sol/sombra)*, basada en el grado de insolación de este indicador. Como paso previo a todo ello, comentaremos los fundamentos teóricos y metodológicos de este coeficiente.

## II

### CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LOS FACTORES QUE REGULAN LA INSOLACIÓN

La insolación, *sensu stricto*, podemos definirla como la radiación solar directa que llega a la superficie de la Tierra, si bien este término se utiliza a menudo con un sentido más amplio, como sinónimo de radiación solar.

En realidad, la radiación solar incidente sobre la superficie del planeta es de dos tipos: radiación directa y difusa. La radiación solar directa, o insolación, es la que se recibe directamente del sol, cuando se ve. Si está oculto tras una nube, llega también luz —radiación— a la superficie, pero se trata de luz o radiación difusa. Esto se debe a que las ondas electromagnéticas, al chocar con las moléculas de los gases y partículas de la atmósfera, son desviadas en todas las direcciones mediante difusión. Gracias a este fenómeno, podemos ver de día, por ejemplo, en aquellos sitios en los que el sol no incide directamente. Como valores de referencia, en un día despejado la radiación difusa es de un 15 a un 25% de la radiación solar incidente en la superficie del planeta, mientras que en uno cubierto, ésta es prácticamente en su totalidad difusa (MARTÍN VIDE, 1991).

Para un lugar determinado sobre la superficie terrestre, la insolación recibida en una misma unidad de tiempo depende de varios factores:

a) *del espesor de la atmósfera* que los rayos solares habrán de atravesar hasta alcanzar el suelo (fig. 1). El espesor, debido a la forma de corona esférica de la atmósfera, varía en función del ángulo de incidencia de los rayos del sol, puesto que cuanto más oblicuos sean mayor será la distancia que tendrán que recorrer a través de la atmósfera hasta llegar al suelo, disminuyendo así la insolación por absorción, reflexión y difusión. Por esta razón, los mayores grosores se alcanzan en las latas del planeta durante el orto y el ocaso diarios.

b) *del grado de transparencia de la atmósfera* en ese momento, ya que cuantas más nubes y todo tipo de partículas atmosféricas (líquidas y sólidas) existan, habrá más pérdidas por reflexión, absorción y difusión. A este respecto hay que destacar la importancia de la nubosidad como factor extrazonal, por cuanto representa una barrera que impide parcial o totalmente la insolación.

c) *de la altitud*, puesto que con la altura disminuye el espesor troposférico y sobre todo, la densidad del aire. No hay que olvidar que más del 80% de la masa de aire se encuentra en la capa inferior de la atmósfera, la troposfera (MARTÍN VIDE, 1991). Asimismo, más de las tres cuartas partes del vapor de agua se halla por debajo de 4 km. de altitud, existiendo en muy pequeña proporción por encima de la tropopausa. Otro tanto ocurre con las partículas atmosféricas (BARRY & CHORLEY, 1985; MARTÍN VIDE, 1991). La menor densidad del aire y su empobrecimiento en vapor de agua a medida que ascendemos, limitan progresivamente su capacidad de absorción. De este modo, las áreas de montaña reciben, con cielo despejado, una cantidad de insolación mucho mayor que las localidades situadas al nivel del mar.

d) *del ángulo de incidencia de los rayos del sol*, ya que éste determina la intensidad de insolación recibida por unidad de superficie (fig. 1), cuyo máximo valor se alcanza cuando los rayos inciden perpendicularmente sobre la superficie receptora, por lo que a medida que decrece el ángulo, la misma cantidad de energía se reparte sobre una superficie cada vez mayor, disminuyendo así su intensidad.

El ángulo de incidencia de los rayos solares depende:

1.º *de la latitud del lugar*, debido a que la superficie cuasiesférica de la Tierra es perpendicular a los rayos del sol en tan sólo un punto, el punto subsolar. Conforme nos alejamos de él, hacia el Norte o hacia el Sur, la curvada superficie terrestre se torna en ángulos decrecientes respecto a los rayos (fig. 1), hasta alcanzar su valor mínimo en los polos (90º Norte y Sur del Ecuador).

Entre los haces Q y Q', tenemos que, 1) Q se reparte en una superficie mayor:  $MN > M'N'$ ; 2) el espesor de la atmósfera que tiene que atravesar es mayor:  $ab > a'b'$ ; 3) su ángulo de incidencia con respecto a la superficie terrestre es menor:  $R < R'$ .

2.º *de la hora del día*, debido a la rotación de la Tierra. La variación del ángulo de incidencia de los rayos del sol sobre la horizontal varía de 0º (en el orto y en el

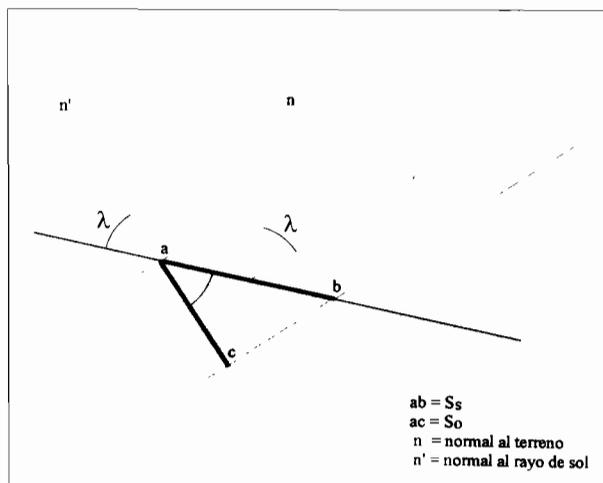


FIG. 2. Expresión gráfica del ángulo  $\lambda$

ocaso) a un valor máximo correspondiente a las 12 horas solares (mediodía solar), llegando a:

$$i_{\max} = 90 - \varphi + \delta$$

siendo

$i_{\max}$  = ángulo máximo de incidencia (altura máxima del sol sobre el horizonte)

$\varphi$  = latitud del lugar

$\delta$  = declinación solar, variable a lo largo del año

3.º *de la declinación solar*, o latitud del punto subsolar en un momento dado, variable a lo largo del año como consecuencia del movimiento de traslación de la Tierra y de la inclinación de su eje respecto al plano de la eclíptica. En consecuencia, el punto subsolar se desplaza anualmente en un intervalo de 47º, desde los 23º 27' N, el 21 de junio (solsticio de junio), hasta 23º 27' S, sobre el 22 de diciembre (solsticio de diciembre).

e) *de la pendiente y orientación del terreno*, o lo que es lo mismo, de la inclinación y orientación de la superficie receptora, dado que la intensidad de radiación en una superficie inclinada ( $I_S$ ) es:

$$I_S = I_O \cdot \cos \lambda$$

siendo  $\lambda$  = ángulo formado por el rayo de sol y la normal a la superficie receptora, o también, ángulo formado por el plano de la superficie receptora y la normal al rayo de sol (fig. 2).

En efecto, si la superficie receptora es inclinada ( $S_S$ ) y forma un ángulo  $\lambda$  con la superficie normal a los rayos solares ( $S_O$ ), tenemos que  $S_O = S_S \cdot \cos \lambda$ . Y si llamamos  $I_S$  a la intensidad de radiación recibida por la superficie inclinada, tendremos:  $I_O \cdot S_O = I_S \cdot S_S$

de donde:  $I_S = I_O \cdot \frac{S_O}{S_S} = I_O \cdot \cos \lambda$

La radiación es máxima cuando la superficie receptora es perpendicular a los rayos del sol, es decir,  $I_S = I_O$  cuando  $\lambda = 0$ , dado que los rayos inciden sobre la mínima superficie, o superficie unidad. Tomando  $I_O = 1$ , tenemos que  $I_S = 1 \cdot \cos \lambda$ , lo que quiere decir que la intensidad de radiación recibida por la superficie inclinada ( $I_S$ ), dependerá del ángulo  $\lambda$  que forman el rayo de sol y la normal a la superficie receptora. A su vez, el ángulo  $\lambda$  está subordinado, por una parte, a la incidencia de los rayos solares, y por otra, a la pendiente y orientación del terreno, por lo que en el hemisferio Norte y conforme aumenta la latitud, la pérdida de insolación es relativamente mayor en las laderas orientadas hacia el Norte que en las emplazadas hacia el Sur.

f) del tiempo de exposición a los rayos del sol, debido a la inclinación del eje terrestre, que, salvo en los equinoccios, origina diferencias estacionales en cuanto a la duración del día y de la noche para cualquier latitud. La prolongación del día depende además de las características macrotopográficas de la zona, que pueden adelantar el orto y retrasar el ocaso.

Según la trigonometría esférica la duración teórica del día ( $H$ ), en horas, es de:

$$H = \frac{2P}{15}$$

siendo

$P = \arccos(-\operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \delta)$

$\varphi$  = latitud del lugar

$\delta$  = declinación solar, variable a lo largo del año.

### III

#### FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL COEFICIENTE DE INSOLACIÓN SEGÚN EL MÉTODO DE GANDULLO (1974)

Para el cálculo de este coeficiente, GANDULLO (1974) parte de una serie de simplificaciones y prescinde de un conjunto de variables. En primer lugar considera constante el coeficiente de transparencia de la atmósfera.

«Este supuesto —en palabras del propio autor— implica necesariamente la zonalidad del indicador que vamos a obtener y restringe la validez de su aplicación dentro de una misma región natural, como parámetro comparativo de los diversos ecosistemas existentes en ella. Para estudios que incidan sobre varias regiones naturales será preciso considerar las diferencias globales de lumi-

nosidad introduciendo un factor de corrección en función de las horas anuales de insolación, datos suministrados por los observatorios meteorológicos.»

En segundo lugar propone evaluar la insolación no a lo largo del tiempo, sino considerando exclusivamente lo que ocurre al mediodía solar.

Por último, parte del supuesto de que el ángulo de incidencia con respecto a la horizontal, al mediodía solar, se mantiene constante a lo largo de todo el año e igual a:

$$i = 90 - \varphi$$

esto equivale a considerar  $\delta = 0$ , tal como ocurre en ambos equinoccios, y tomar la media de los valores posibles de la declinación solar, que varía entre  $-23^\circ 27'$  y  $+23^\circ 27'$ .

A partir de estas tres simplificaciones (el autor no considera el espesor de la atmósfera ni la altitud), lo que trata es de hallar el ángulo  $\lambda$  que forman el rayo de sol y la normal al terreno, ya que la insolación así considerada es  $I = \cos \lambda$ .

El ángulo  $\lambda$  es obtenido mediante un complejo desarrollo trigonométrico para cada una de las dieciséis direcciones principales de la rosa de los vientos. El razonamiento seguido puede consultarse en GANDULLO (1974). *Los ángulos calculados son:*

Llano	→ $\cos \lambda = \operatorname{sen} i \cdot \cos p - \cos i \cdot \operatorname{sen} p$
N	→ $\cos \lambda = \operatorname{sen} i \cdot \cos p - \cos i \cdot \operatorname{sen} p \cdot \cos 0$
N-NE y N-NO	→ $\cos \lambda = \operatorname{sen} i \cdot \cos p - \cos i \cdot \operatorname{sen} p \cdot \cos 22,5$
NE y NO	→ $\cos \lambda = \operatorname{sen} i \cdot \cos p - \cos i \cdot \operatorname{sen} p \cdot \cos 45$
E-NE y O-NO	→ $\cos \lambda = \operatorname{sen} i \cdot \cos p - \cos i \cdot \operatorname{sen} p \cdot \cos 67,5$
E y O	→ $\cos \lambda = \operatorname{sen} i \cdot \cos p + \cos i \cdot \operatorname{sen} p \cdot \cos 90$
E-SE y O-SO	→ $\cos \lambda = \operatorname{sen} i \cdot \cos p + \cos i \cdot \operatorname{sen} p \cdot \cos 67,5$
SE y SO	→ $\cos \lambda = \operatorname{sen} i \cdot \cos p + \cos i \cdot \operatorname{sen} p \cdot \cos 45$
S-SE y S-SO	→ $\cos \lambda = \operatorname{sen} i \cdot \cos p + \cos i \cdot \operatorname{sen} p \cdot \cos 22,5$
S	→ $\cos \lambda = \operatorname{sen} i \cdot \cos p + \cos i \cdot \operatorname{sen} p \cdot \cos 0$

En síntesis, la fórmula para  $I = \cos \lambda$  es:

$$\cos \lambda = \operatorname{sen} i \cdot \cos p \cos i \cdot \operatorname{sen} p \cdot \cos \mu$$

siendo:

$i$  = ángulo de incidencia de los rayos solares con respecto a la horizontal.

$p$  = pendiente del terreno.

$\mu$  = ángulos que forman las 16 direcciones principales con la línea N-S, en sus cuadrantes correspondientes:

$0^\circ$	= N, S
$22,5^\circ$	= N-NE, N-NO, S-SE, S-SO
$45^\circ$	= NE, NO, SE, SO
$67,5^\circ$	= E-NE, E-SE, O-NO, O-SO
$90^\circ$	= E, O

Estos valores de  $\cos \lambda$  sirven como parámetros indicadores de la insolación en función de las diversas orientaciones y pendientes. Sin embargo, el autor (*op. cit.*), con objeto de lograr una expresión más fácilmente tabulable, da un paso más para lograr el indicador propuesto.

En primer lugar considera una latitud media para la España peninsular de  $40^\circ$ , por lo que a mediodía, y en los equinoccios, tenemos que:

$$i = 90^\circ - 40^\circ = 50^\circ$$

Y añada que, como  $50^\circ$  es próximo a  $45^\circ$ , podemos suponer que  $\sin i = \cos i$ , de modo que el indicador buscado toma la expresión:

$$\begin{aligned} \cos \lambda &= \cos p \cdot \sin p \cdot \cos \mu \\ \mu &= 0^\circ; 22,5^\circ; 45^\circ; 67,5^\circ; 90^\circ \end{aligned}$$

o lo que es igual:

$$\cos \lambda = \cos p (1 \operatorname{tg} p \cdot \cos \mu)$$

es decir:

Llano	→ $\cos \lambda = \cos p (1 - \operatorname{tg} p) = 1$ (al ser $p = 0$ )
N	→ $\cos \lambda = \cos p (1 - \operatorname{tg} p)$
N-NE y N-NO	→ $\cos \lambda = \cos p (1 - \operatorname{tg} p \cdot 0,924)$
NE y NO	→ $\cos \lambda = \cos p (1 - \operatorname{tg} p \cdot 0,707)$
E-NE y O-NO	→ $\cos \lambda = \cos p (1 - \operatorname{tg} p \cdot 0,383)$
E y O	→ $\cos \lambda = \cos p (1 + \operatorname{tg} p \cdot 0)$
E-SE y O-SO	→ $\cos \lambda = \cos p (1 + \operatorname{tg} p \cdot 0,383)$
SE y SO	→ $\cos \lambda = \cos p (1 + \operatorname{tg} p \cdot 0,707)$
S-SE y S-SO	→ $\cos \lambda = \cos p (1 + \operatorname{tg} p \cdot 0,924)$
S	→ $\cos \lambda = \cos p (1 + \operatorname{tg} p)$

El autor elabora a partir de estas expresiones, tabuladas a tenor de la pendiente ( $p$ ), una tabla de doble entrada para la España peninsular, donde calcula los valores del coeficiente en función de la pendiente, expresada en tanto por ciento, y de la orientación, según las dieciséis direcciones principales.

#### IV

### APLICACIÓN DEL COEFICIENTE DE INSOLACIÓN SEGÚN EL MÉTODO DE GANDULLO (1974), AL ÁMBITO GEOGRÁFICO DEL ARCHIPIÉLAGO CANARIO

Para el cálculo de este coeficiente, y siguiendo el método propuesto por este autor, procederemos del siguiente modo:

a) Teniendo en cuenta que el archipiélago canario está situado entre los  $27^\circ 37'$  y  $29^\circ 25'$  al Norte del Ecuador, si tomamos una latitud media para las islas de  $28^\circ$ , al mediodía solar, en los equinoccios, tenemos que:

$$i = 90^\circ - 28^\circ = 62^\circ$$

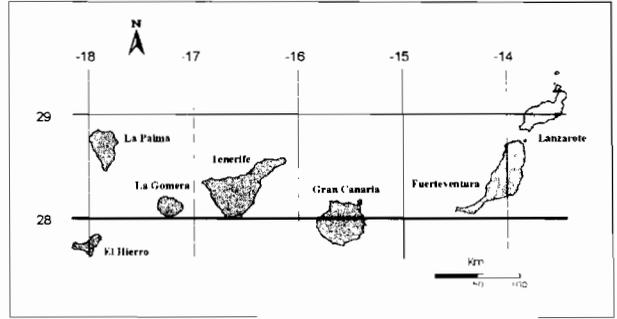


FIG. 3. Posición geográfica de las islas Canarias.

Para el cálculo de los valores del coeficiente de insolación correspondientes al archipiélago canario, se ha tomado una latitud media de  $28^\circ$  N. Los valores hallados figuran en los cuadros I y II.

b) Para el cálculo de  $\lambda$  tomaremos la expresión:

$$\cos \lambda = \sin i \cdot \cos p \cdot \cos i \cdot \sin p \cdot \cos \mu$$

... ya que a nuestro juicio existen varias razones para desechar cualquier intento de simplificación.

En primer lugar, habida cuenta de la latitud de las islas, muy alejada del contexto geográfico de la España peninsular, no podemos tomar como punto de partida la consideración de que  $\sin i = \cos i$ , pues tal simplificación desvirtuaría los resultados proporcionados por dicho indicador. Por otro lado, si hemos definido la insolación en función de la pendiente y la orientación del terreno de modo que  $1 = \cos \lambda$ , los valores del indicador propuesto deberían quedar comprendidos entre  $-1$  y  $+1$  (en realidad entre  $0$  y  $1$ , dado que consideraremos los valores negativos =  $0$ ). No obstante, dichos resultados no se logran cuando utilizamos la expresión  $\cos \lambda = \cos p (1 \operatorname{tg} p \cdot \cos \mu)$ , tal como se puede comprobar en la tabla elaborada por GANDULLO (1974), donde los valores oscilan entre  $0$  y  $1,42$ .

Asimismo, al establecer que  $\sin i = \cos i$ , el ángulo de incidencia de los rayos solares con respecto a la horizontal, al mediodía y en los equinoccios, es de  $45^\circ$ . Ángulo que correspondería a una latitud próxima a Burdeos, unos 300 kilómetros al Norte de los Pirineos. Este hecho, sin ser necesariamente determinante para la validez del coeficiente (teniendo en cuenta sus fundamentos teóricos y la finalidad propuesta por su autor), sí ratifica nuestra consideración de un procedimiento excesivamente «forzado».

Por último, hoy en día no tiene sentido una simplificación de los cálculos, teniendo en cuenta que el empleo de una sencilla hoja de cálculo por ordenador facilita unos resultados muy fiables.

CUADRO I. *Tablas del Coeficiente de Insolación (de aplicación al archipiélago Canario)*

PENDIENTE EN GRADOS	N-NE o N-NO		NE o NO		E-NE u O-NO		E u O		E-SE u O-SO		SE o SO		S-SE o S-SO		S	
	N															
0	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
1	0,87	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
2	0,87	0,87	0,87	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,89	0,89	0,89	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
3	0,86	0,86	0,86	0,86	0,87	0,87	0,88	0,88	0,89	0,89	0,90	0,90	0,90	0,90	0,91	0,91
4	0,85	0,85	0,86	0,86	0,87	0,87	0,88	0,88	0,89	0,89	0,90	0,90	0,91	0,91	0,91	0,91
5	0,84	0,84	0,85	0,85	0,86	0,86	0,88	0,88	0,89	0,89	0,91	0,91	0,92	0,92	0,92	0,92
6	0,83	0,83	0,84	0,84	0,86	0,86	0,88	0,88	0,90	0,90	0,91	0,91	0,92	0,92	0,92	0,93
7	0,82	0,82	0,84	0,84	0,85	0,85	0,88	0,88	0,90	0,90	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	0,93
8	0,81	0,81	0,83	0,83	0,85	0,85	0,87	0,87	0,90	0,90	0,92	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94
9	0,80	0,80	0,82	0,82	0,84	0,84	0,87	0,87	0,90	0,90	0,92	0,92	0,94	0,94	0,94	0,94
10	0,79	0,79	0,81	0,81	0,84	0,84	0,87	0,87	0,90	0,90	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,95
11	0,78	0,78	0,80	0,80	0,83	0,83	0,87	0,87	0,90	0,90	0,93	0,93	0,95	0,95	0,95	0,96
12	0,77	0,77	0,79	0,79	0,83	0,83	0,86	0,86	0,90	0,90	0,93	0,93	0,95	0,95	0,95	0,96
13	0,75	0,76	0,79	0,79	0,82	0,82	0,86	0,86	0,90	0,90	0,93	0,93	0,96	0,96	0,96	0,97
14	0,74	0,75	0,78	0,78	0,81	0,81	0,86	0,86	0,90	0,90	0,94	0,94	0,96	0,96	0,96	0,97
15	0,73	0,74	0,77	0,77	0,81	0,81	0,85	0,85	0,90	0,90	0,94	0,94	0,96	0,96	0,96	0,97
16	0,72	0,73	0,76	0,76	0,80	0,80	0,85	0,85	0,90	0,90	0,94	0,94	0,97	0,97	0,97	0,98
17	0,71	0,72	0,75	0,75	0,79	0,79	0,84	0,84	0,90	0,90	0,94	0,94	0,97	0,97	0,97	0,98
18	0,69	0,71	0,74	0,74	0,78	0,78	0,84	0,84	0,89	0,89	0,94	0,94	0,97	0,97	0,97	0,98
19	0,68	0,69	0,73	0,73	0,78	0,78	0,83	0,83	0,89	0,89	0,94	0,94	0,98	0,98	0,98	0,99
20	0,67	0,68	0,72	0,72	0,77	0,77	0,83	0,83	0,89	0,89	0,94	0,94	0,98	0,98	0,98	0,99
21	0,66	0,67	0,70	0,70	0,76	0,76	0,82	0,82	0,89	0,89	0,94	0,94	0,98	0,98	0,98	0,99
22	0,64	0,66	0,69	0,69	0,75	0,75	0,82	0,82	0,89	0,89	0,94	0,94	0,98	0,98	0,98	0,99
23	0,63	0,64	0,68	0,68	0,74	0,74	0,81	0,81	0,88	0,88	0,94	0,94	0,98	0,98	0,98	1,00
24	0,62	0,63	0,67	0,67	0,73	0,73	0,81	0,81	0,88	0,88	0,94	0,94	0,98	0,98	0,98	1,00
25	0,60	0,62	0,66	0,66	0,72	0,72	0,80	0,80	0,88	0,88	0,94	0,94	0,98	0,98	0,98	1,00
26	0,59	0,60	0,65	0,65	0,71	0,71	0,79	0,79	0,87	0,87	0,94	0,94	0,98	0,98	0,98	1,00
27	0,57	0,59	0,64	0,64	0,70	0,70	0,79	0,79	0,87	0,87	0,94	0,94	0,98	0,98	0,98	1,00
28	0,56	0,58	0,62	0,62	0,69	0,69	0,78	0,78	0,86	0,86	0,93	0,93	0,98	0,98	0,98	1,00
29	0,54	0,56	0,61	0,61	0,68	0,68	0,77	0,77	0,86	0,86	0,93	0,93	0,98	0,98	0,98	1,00
30	0,53	0,55	0,60	0,60	0,67	0,67	0,76	0,76	0,85	0,85	0,93	0,93	0,98	0,98	0,98	1,00
31	0,51	0,53	0,59	0,59	0,66	0,66	0,76	0,76	0,85	0,85	0,93	0,93	0,98	0,98	0,98	1,00
32	0,50	0,52	0,57	0,57	0,65	0,65	0,75	0,75	0,84	0,84	0,92	0,92	0,98	0,98	0,98	1,00
33	0,48	0,50	0,56	0,56	0,64	0,64	0,74	0,74	0,84	0,84	0,92	0,92	0,98	0,98	0,98	1,00
34	0,47	0,49	0,55	0,55	0,63	0,63	0,73	0,73	0,83	0,83	0,92	0,92	0,97	0,97	0,97	0,99
35	0,45	0,47	0,53	0,53	0,62	0,62	0,72	0,72	0,83	0,83	0,91	0,91	0,97	0,97	0,97	0,99
36	0,44	0,46	0,52	0,52	0,61	0,61	0,71	0,71	0,82	0,82	0,91	0,91	0,97	0,97	0,97	0,99
37	0,42	0,44	0,50	0,50	0,60	0,60	0,70	0,70	0,81	0,81	0,90	0,90	0,97	0,97	0,97	0,99
38	0,41	0,43	0,49	0,49	0,58	0,58	0,70	0,70	0,81	0,81	0,90	0,90	0,96	0,96	0,96	0,98
39	0,39	0,41	0,48	0,48	0,57	0,57	0,69	0,69	0,80	0,80	0,89	0,89	0,96	0,96	0,96	0,98
40	0,37	0,40	0,46	0,46	0,56	0,56	0,68	0,68	0,79	0,79	0,89	0,89	0,95	0,95	0,95	0,98
41	0,36	0,38	0,45	0,45	0,55	0,55	0,67	0,67	0,78	0,78	0,88	0,88	0,95	0,95	0,95	0,97
42	0,34	0,37	0,43	0,43	0,54	0,54	0,66	0,66	0,78	0,78	0,88	0,88	0,95	0,95	0,95	0,97
43	0,32	0,35	0,42	0,42	0,52	0,52	0,65	0,65	0,77	0,77	0,87	0,87	0,94	0,94	0,94	0,97
44	0,31	0,33	0,40	0,40	0,51	0,51	0,63	0,63	0,76	0,76	0,87	0,87	0,94	0,94	0,94	0,96
45	0,29	0,32	0,39	0,39	0,50	0,50	0,62	0,62	0,75	0,75	0,86	0,86	0,93	0,93	0,93	0,96

Los valores del coeficiente de insolación que figuran en las tablas, corresponden a la posición geográfica del Archipiélago Canario, habiéndose tomado para su cálculo una latitud media de 28° N.

CUADRO I (continuación). *Tablas del Coeficiente de Insolación (de aplicación al archipiélago Canario)*

PENDIENTE EN GRADOS	N-NE o N-NO		NE o NO		E-NE u O-NO		E u O		E-SE u O-SO		SE o S-SO		S
	N												
46	0,28	0,30	0,37	0,48	0,61	0,74	0,85	0,92	0,95				
47	0,26	0,28	0,36	0,47	0,60	0,73	0,84	0,92	0,94				
48	0,24	0,27	0,34	0,46	0,59	0,72	0,84	0,91	0,94				
49	0,22	0,25	0,33	0,44	0,58	0,71	0,83	0,91	0,93				
50	0,21	0,23	0,31	0,43	0,57	0,70	0,82	0,90	0,93				
51	0,19	0,22	0,30	0,42	0,56	0,69	0,81	0,89	0,92				
52	0,17	0,20	0,28	0,40	0,54	0,68	0,80	0,88	0,91				
53	0,16	0,18	0,27	0,39	0,53	0,67	0,80	0,88	0,91				
54	0,14	0,17	0,25	0,37	0,52	0,66	0,79	0,87	0,90				
55	0,12	0,15	0,23	0,36	0,51	0,65	0,78	0,86	0,89				
56	0,10	0,13	0,22	0,34	0,49	0,64	0,77	0,85	0,88				
57	0,09	0,12	0,20	0,33	0,48	0,63	0,76	0,84	0,87				
58	0,07	0,10	0,19	0,31	0,47	0,62	0,75	0,84	0,87				
59	0,05	0,08	0,17	0,30	0,45	0,61	0,74	0,83	0,86				
60	0,03	0,07	0,15	0,29	0,44	0,60	0,73	0,82	0,85				
61	0,02	0,05	0,14	0,27	0,43	0,58	0,72	0,81	0,84				
62	0,00	0,03	0,12	0,26	0,41	0,57	0,71	0,80	0,83				
63	0,00	0,01	0,10	0,24	0,40	0,56	0,70	0,79	0,82				
64	0,00	0,00	0,09	0,22	0,39	0,55	0,68	0,78	0,81				
65	0,00	0,00	0,07	0,21	0,37	0,54	0,67	0,77	0,80				
66	0,00	0,00	0,06	0,19	0,36	0,52	0,66	0,75	0,79				
67	0,00	0,00	0,04	0,18	0,34	0,51	0,65	0,74	0,78				
68	0,00	0,00	0,02	0,16	0,33	0,50	0,64	0,73	0,77				
69	0,00	0,00	0,01	0,15	0,32	0,48	0,63	0,72	0,75				
70	0,00	0,00	0,00	0,13	0,30	0,47	0,61	0,71	0,74				
71	0,00	0,00	0,00	0,12	0,29	0,46	0,60	0,70	0,73				
72	0,00	0,00	0,00	0,10	0,27	0,44	0,59	0,68	0,72				
73	0,00	0,00	0,00	0,09	0,26	0,43	0,58	0,67	0,71				
74	0,00	0,00	0,00	0,07	0,24	0,42	0,56	0,66	0,69				
75	0,00	0,00	0,00	0,05	0,23	0,40	0,55	0,65	0,68				
76	0,00	0,00	0,00	0,04	0,21	0,39	0,54	0,63	0,67				
77	0,00	0,00	0,00	0,02	0,20	0,37	0,52	0,62	0,66				
78	0,00	0,00	0,00	0,01	0,18	0,36	0,51	0,61	0,64				
79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,34	0,49	0,59	0,63				
80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,33	0,48	0,58	0,62				
81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,31	0,47	0,57	0,60				
82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,30	0,45	0,55	0,59				
83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,29	0,44	0,54	0,57				
84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,27	0,42	0,52	0,56				
85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,26	0,41	0,51	0,54				
86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,24	0,39	0,49	0,53				
87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,23	0,38	0,48	0,51				
88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,21	0,36	0,46	0,50				
89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,19	0,35	0,45	0,48				
90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,33	0,43	0,47				

Los valores del coeficiente de insolación que figuran en las tablas, corresponden a la posición geográfica del Archipiélago Canario, habiéndose tomado para su cálculo una latitud media de 28° N.

CUADRO II. Tablas del Coeficiente de Insolación (de aplicación al archipiélago Canario)

PENDIENTE EN %	N	N-NE o N-NO	NE o NO	E-NE u O-NO	E u O	E-SE u O-SO	SE o SO	S-SE o S-SO	S
0	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
1	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,89	0,89	0,89
2	0,87	0,87	0,88	0,88	0,88	0,89	0,89	0,89	0,89
3	0,87	0,87	0,87	0,88	0,88	0,89	0,89	0,89	0,90
4	0,86	0,86	0,87	0,87	0,88	0,89	0,89	0,90	0,90
5	0,86	0,86	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,90	0,90
6	0,85	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,91
7	0,85	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,91
8	0,84	0,84	0,85	0,87	0,88	0,89	0,91	0,91	0,92
9	0,84	0,84	0,85	0,86	0,88	0,89	0,91	0,92	0,92
10	0,83	0,83	0,84	0,86	0,88	0,90	0,91	0,92	0,92
11	0,83	0,83	0,84	0,86	0,88	0,90	0,91	0,92	0,93
12	0,82	0,82	0,84	0,85	0,88	0,90	0,92	0,93	0,93
13	0,81	0,82	0,83	0,85	0,87	0,90	0,92	0,93	0,94
14	0,81	0,81	0,83	0,85	0,87	0,90	0,92	0,93	0,94
15	0,80	0,81	0,82	0,85	0,87	0,90	0,92	0,94	0,94
16	0,80	0,80	0,82	0,84	0,87	0,90	0,92	0,94	0,95
17	0,79	0,80	0,81	0,84	0,87	0,90	0,93	0,94	0,95
18	0,79	0,79	0,81	0,84	0,87	0,90	0,93	0,95	0,95
19	0,78	0,79	0,80	0,83	0,87	0,90	0,93	0,95	0,95
20	0,77	0,78	0,80	0,83	0,87	0,90	0,93	0,95	0,96
21	0,77	0,77	0,80	0,83	0,86	0,90	0,93	0,95	0,96
22	0,76	0,77	0,79	0,82	0,86	0,90	0,93	0,95	0,96
23	0,75	0,76	0,79	0,82	0,86	0,90	0,93	0,96	0,97
24	0,75	0,76	0,78	0,82	0,86	0,90	0,94	0,96	0,97
25	0,74	0,75	0,78	0,81	0,86	0,90	0,94	0,96	0,97
26	0,74	0,74	0,77	0,81	0,85	0,90	0,94	0,96	0,97
27	0,73	0,74	0,77	0,81	0,85	0,90	0,94	0,96	0,97
28	0,72	0,73	0,76	0,80	0,85	0,90	0,94	0,97	0,98
29	0,72	0,73	0,75	0,80	0,85	0,90	0,94	0,97	0,98
30	0,71	0,72	0,75	0,79	0,85	0,90	0,94	0,97	0,98
31	0,70	0,71	0,74	0,79	0,84	0,90	0,94	0,97	0,98
32	0,70	0,71	0,74	0,79	0,84	0,90	0,94	0,97	0,98
33	0,69	0,70	0,73	0,78	0,84	0,89	0,94	0,97	0,98
34	0,68	0,70	0,73	0,78	0,84	0,89	0,94	0,97	0,99
35	0,68	0,69	0,72	0,77	0,83	0,89	0,94	0,98	0,99
36	0,67	0,68	0,72	0,77	0,83	0,89	0,94	0,98	0,99
37	0,66	0,68	0,71	0,77	0,83	0,89	0,94	0,98	0,99
38	0,66	0,67	0,71	0,76	0,82	0,89	0,94	0,98	0,99
39	0,65	0,66	0,70	0,76	0,82	0,89	0,94	0,98	0,99
40	0,64	0,66	0,70	0,75	0,82	0,89	0,94	0,98	0,99
41	0,64	0,65	0,69	0,75	0,82	0,88	0,94	0,98	0,99
42	0,63	0,65	0,68	0,74	0,81	0,88	0,94	0,98	1,00
43	0,63	0,64	0,68	0,74	0,81	0,88	0,94	0,98	1,00
44	0,62	0,63	0,67	0,74	0,81	0,88	0,94	0,98	1,00
45	0,61	0,63	0,67	0,73	0,80	0,88	0,94	0,98	1,00
46	0,61	0,62	0,66	0,73	0,80	0,88	0,94	0,98	1,00
47	0,60	0,61	0,66	0,72	0,80	0,87	0,94	0,98	1,00
48	0,59	0,61	0,65	0,72	0,80	0,87	0,94	0,98	1,00
49	0,59	0,60	0,65	0,71	0,79	0,87	0,94	0,98	1,00
50	0,58	0,60	0,64	0,71	0,79	0,87	0,94	0,98	1,00

Los valores del coeficiente de insolación que figuran en las tablas, corresponden a la posición geográfica del Archipiélago Canario, habiéndose tomado para su cálculo una latitud media de 28° N.

CUADRO II (continuación). *Tablas del Coeficiente de Insolación (de aplicación al archipiélago Canario)*

PENDIENTE EN %	N-NE o N-NO		NE o NO		E-NE u O-NO		E u O		E-SE u O-SO		SE o SO		S-SE o S-SO		S
	N														
51	0,57	0,59	0,64	0,70	0,79	0,87	0,94	0,98	1,00						
52	0,57	0,58	0,63	0,70	0,78	0,87	0,94	0,98	1,00						
53	0,56	0,58	0,62	0,70	0,78	0,86	0,94	0,98	1,00						
54	0,55	0,57	0,62	0,69	0,78	0,86	0,93	0,98	1,00						
55	0,55	0,56	0,61	0,69	0,77	0,86	0,93	0,98	1,00						
56	0,54	0,56	0,61	0,68	0,77	0,86	0,93	0,98	1,00						
57	0,53	0,55	0,60	0,68	0,77	0,86	0,93	0,98	1,00						
58	0,53	0,55	0,60	0,67	0,76	0,85	0,93	0,98	1,00						
59	0,52	0,54	0,59	0,67	0,76	0,85	0,93	0,98	1,00						
60	0,51	0,53	0,59	0,66	0,76	0,85	0,93	0,98	1,00						
61	0,51	0,53	0,58	0,66	0,75	0,85	0,93	0,98	1,00						
62	0,50	0,52	0,57	0,66	0,75	0,84	0,92	0,98	1,00						
63	0,50	0,52	0,57	0,65	0,75	0,84	0,92	0,98	1,00						
64	0,49	0,51	0,56	0,65	0,74	0,84	0,92	0,98	1,00						
65	0,48	0,50	0,56	0,64	0,74	0,84	0,92	0,98	1,00						
66	0,48	0,50	0,55	0,64	0,74	0,84	0,92	0,98	0,99						
67	0,47	0,49	0,55	0,63	0,73	0,83	0,92	0,97	0,99						
68	0,47	0,49	0,54	0,63	0,73	0,83	0,92	0,97	0,99						
69	0,46	0,48	0,54	0,62	0,73	0,83	0,91	0,97	0,99						
70	0,45	0,47	0,53	0,62	0,72	0,83	0,91	0,97	0,99						
71	0,45	0,47	0,53	0,62	0,72	0,82	0,91	0,97	0,99						
72	0,44	0,46	0,52	0,61	0,72	0,82	0,91	0,97	0,99						
73	0,44	0,46	0,52	0,61	0,71	0,82	0,91	0,97	0,99						
74	0,43	0,45	0,51	0,60	0,71	0,82	0,91	0,97	0,99						
75	0,42	0,45	0,51	0,60	0,71	0,81	0,90	0,97	0,99						
76	0,42	0,44	0,50	0,59	0,70	0,81	0,90	0,96	0,99						
77	0,41	0,43	0,50	0,59	0,70	0,81	0,90	0,96	0,99						
78	0,41	0,43	0,49	0,59	0,70	0,81	0,90	0,96	0,98						
79	0,40	0,42	0,49	0,58	0,69	0,80	0,90	0,96	0,98						
80	0,40	0,42	0,48	0,58	0,69	0,80	0,90	0,96	0,98						
81	0,39	0,41	0,48	0,57	0,69	0,80	0,89	0,96	0,98						
82	0,38	0,41	0,47	0,57	0,68	0,80	0,89	0,96	0,98						
83	0,38	0,40	0,47	0,56	0,68	0,79	0,89	0,96	0,98						
84	0,37	0,40	0,46	0,56	0,68	0,79	0,89	0,95	0,98						
85	0,37	0,39	0,46	0,56	0,67	0,79	0,89	0,95	0,98						
86	0,36	0,39	0,45	0,55	0,67	0,79	0,89	0,95	0,97						
87	0,36	0,38	0,45	0,55	0,67	0,78	0,88	0,95	0,97						
88	0,35	0,38	0,44	0,54	0,66	0,78	0,88	0,95	0,97						
89	0,35	0,37	0,44	0,54	0,66	0,78	0,88	0,95	0,97						
90	0,34	0,37	0,43	0,54	0,66	0,78	0,88	0,95	0,97						
91	0,34	0,36	0,43	0,53	0,65	0,77	0,88	0,94	0,97						
92	0,33	0,36	0,42	0,53	0,65	0,77	0,87	0,94	0,97						
93	0,33	0,35	0,42	0,52	0,65	0,77	0,87	0,94	0,97						
94	0,32	0,35	0,42	0,52	0,64	0,77	0,87	0,94	0,96						
95	0,32	0,34	0,41	0,52	0,64	0,76	0,87	0,94	0,96						
96	0,31	0,34	0,41	0,51	0,64	0,76	0,87	0,94	0,96						
97	0,31	0,33	0,40	0,51	0,63	0,76	0,86	0,94	0,96						
98	0,30	0,33	0,40	0,50	0,63	0,76	0,86	0,93	0,96						
99	0,30	0,32	0,39	0,50	0,63	0,75	0,86	0,93	0,96						
100	0,29	0,32	0,39	0,50	0,62	0,75	0,86	0,93	0,96						

Los valores del coeficiente de insolación que figuran en las tablas, corresponden a la posición geográfica del Archipiélago Canario, habiéndose tomado para su cálculo una latitud media de 28° N.

c) A partir de los considerandos anteriores, se han elaborado dos tablas en las que se han calculado los valores del indicador propuesto en función de la pendiente ( $p$ ), expresada tanto en grados como en tanto por ciento, y de la orientación del terreno, según las dieciséis direcciones principales de la rosa de los vientos. La tabla en grados contempla valores entre  $0^\circ$  y  $90^\circ$  sexagesimales, ya que se consideró oportuno abarcar todo el rango de los valores de  $p$ , debido a la accidentada orografía de las islas, con frecuentes pendientes muy acentuadas. La tabla en porcentaje contempla valores de  $p$  iguales o inferiores a  $45^\circ$  (100%), dado que a partir de dicho ángulo los porcentajes se disparan conforme progresamos en la vertical.

## V

### CONSIDERACIONES GENERALES ACERCA DEL COEFICIENTE

A la vista de los valores obtenidos, merece la pena abordar ahora algunas cuestiones de carácter general acerca del coeficiente hallado. En primer lugar, podemos comprobar en las tablas que todos sus valores están comprendidos entre 0 y 1. El primero de estos guarismos extremos indica obviamente una insolación nula, es decir, sombra, en tanto que el segundo supone naturalmente una insolación máxima.

Tales resultados extremos se dan sólo en determinadas orientaciones y pendientes. Tomando como referencia la tabla en grados (por ser la que abarca todo el rango de valores posibles de  $p$ ), observamos que la insolación es nula en las siguientes orientaciones y ángulos de inclinación: Norte ( $62^\circ$ ), N-NE y N-NO ( $64^\circ$ ), NE y NO ( $70^\circ$ ), E-NE y O-NO ( $79^\circ$ ), y finalmente, E y O ( $90^\circ$ ).

Este hecho demuestra la validez de los fundamentos teóricos del coeficiente. Así, por ejemplo se cumple que, cualquier ladera orientada hacia el Norte en nuestro archipiélago, al mediodía solar y en los equinoccios, se halla a la sombra a partir de los  $62^\circ$  de pendiente, al coincidir tal inclinación con el ángulo de incidencia del sol sobre el horizonte en ese momento ( $90^\circ - \varphi + \delta = 90^\circ - 28 + 0 = 62^\circ$ ); siendo, por tanto, sus rayos paralelos a la superficie del terreno y su coeficiente de insolación igual a cero (0). Los ángulos de la ladera mayores de  $62^\circ$  arrojan valores negativos que hemos desechado e igualado a cero ( $= 0$ ) por representar, invariablemente, una insolación nula, o lo que es igual, sombra.

En cuanto al índice de insolación máxima sólo se da en la orientación Sur, entre los 23 y 33 grados de pen-

diente. Conviene señalar, no obstante, que el índice 1.00 sólo se obtiene con una pendiente de  $28^\circ$  Sur, por coincidir exactamente este ángulo de inclinación con la normal a los rayos solares —en las condiciones ya conocidas y que son, como es sabido, el fundamento teórico de este coeficiente—. Lo que ocurre es que dicho índice se hizo extensivo a los grados antes mencionados, al haberse ajustado los valores brutos de la tabla (un número decimal compuesto generalmente de diez dígitos) para su simplificación.

Otro aspecto a destacar es que para el llano se repite el coeficiente 0.88 en todas las orientaciones, puesto que la pendiente ( $p$ ) es nula ( $= 0$ ). Obsérvese también que entre las dieciséis direcciones principales que figuran en las tablas, las que presentan coeficientes de insolación más bajos son, como era de esperar, las del primer y cuarto cuadrante: las orientaciones Norte, N-NE y N-NO, NE y NO; así como E-NE y O-NO, en sentido descendente, en tanto que los coeficientes más altos corresponden a las del segundo y tercer cuadrante: E-SE y O-SO, SE y SO, además de S-SE y S-SO, y Sur, en sentido ascendente. En una posición intermedia, aunque con una ligera tendencia a la alta, aparecen las orientaciones Este y Oeste.

Si tenemos en cuenta que para hallar este coeficiente necesitamos únicamente los datos de dos parámetros que, por regla general, figuran en la mayoría de los estudios del medio físico, la pendiente y la orientación, es de reseñar la facilidad de su obtención. En suma, se trata simplemente de buscar en la tabla de doble entrada que mejor convenga (en grados o en porcentajes) el índice que corresponda.

## VI

### UTILIDAD PRÁCTICA DEL COEFICIENTE PARA UNA CLASIFICACIÓN DE LA VEGETACIÓN

Entre las posibles aplicaciones de este indicador numérico en el análisis del medio físico, destaca su utilización en estudios de especies y comunidades vegetales, pues nos ayuda a discernir de un modo más objetivo ciertos aspectos ecofisiológicos referidos a los requerimientos lumínicos de la vegetación. En concreto, permite definir con mayor claridad algunos de los términos directamente relacionados y muy utilizados en este tipo de estudios, como «heliófilo/a», «esciófilo/a», «solana», «umbría», etc, y evaluar aproximadamente la magnitud y naturaleza de tales requerimientos y/o situaciones.

Puesto que los valores del coeficiente oscilan entre 0 y 1, es evidente que el umbral entre los conceptos y términos antagónicos citados anteriormente queda definido por el índice 0.5. Los índices menores serán necesariamente de naturaleza esciófila, o bien de una situación de umbría, mientras que los mayores representan todo lo contrario.

Para llegar a determinar si tal o cual especie o formación vegetal es de una u otra condición, será necesario disponer, si se trata de un muestreo, de un número  $n$  de observaciones (muestras) suficientemente representativas de la especie o comunidad estudiada. Si lo que se realiza es un censo se precisará la práctica totalidad de observaciones.

Llegados a este punto, presentamos una clasificación de la vegetación según sus requerimientos relativos de luz solar o de sombra, en función del grado de insolación de este coeficiente. La clasificación propuesta es la que figura en el cuadro III.

Los términos *esciófila atenuada* y *heliófila atenuada* que aparecen en esta clasificación, podemos asimilarlos respectivamente con los de *esciófila facultativa* y *heliófila facultativa* (DAUBENMIRE, 1990). Las esciófilas facultativas, según este autor, son aquellas plantas que, aunque crecen mejor bajo la sombra, pueden crecer bas-

CUADRO III. Clasificación de la vegetación según sus requerimientos lumínicos (sol/sombra)

Coeficiente de insolación	Grado de insolación	Clasificación
< 0.10	Muy Bajo	Esciófila estricta
0.10 - 0.30	Bajo	" exigente
0.30 - 0.50	Medio/Bajo	" atenuada
0.50 - 0.70	Medio/Alto	Heliófila atenuada
0.70 - 0.90	Alto	" exigente
> 0.90	Muy Alto	" estricta

tante bien bajo el sol. Las heliófilas facultativas serían aquellas otras que crecen mejor bajo el sol, aunque pueden crecer bastante bien bajo la sombra.

Por su parte, los términos *esciófila exigente*, *esciófila estricta*, *heliófila exigente* y *heliófila estricta*, equivalen respectivamente a los que este mismo autor menciona como *esciófila obligada* y *heliófila obligada*. Es decir, plantas de sombra que no pueden crecer bien bajo la luz solar total y viceversa. La diferencia entre los adjetivos «exigente» y «estricta» de nuestra clasificación se refiere a que la incapacidad para tolerar la sombra o la luz solar total, sea relativa o casi absoluta, lo cual vendrá definido por el coeficiente de insolación obtenido en cada caso.

Quiero expresar mi agradecimiento a Mario B. Canino Rodríguez, biólogo, y al Dr. Kishin B. Sadarangani, matemático, quienes me prestaron su inestimable ayuda y colaboración para la realización del presente trabajo. Asimismo, al Dr. José M<sup>a</sup>. Fernández-Palacios Martínez, del Dpto. de Ecología de la Universi-

dad de la Laguna, y a Agustín Naranjo Cigala, de la Sección de Geografía (D.A.C.T.) de la Universidad de las Palmas de Gran Canaria, por la lectura crítica del manuscrito original y sus útiles y amables sugerencias.

## BIBLIOGRAFÍA

- BARRY, R. G. & CHORLEY, R. J. (1985): *Atmósfera, tiempo y clima* (4ª ed.). Ediciones Omega, S.A., Barcelona. 500 págs.
- DAUBENMIRE, R. F. (1990): *Ecología Vegetal — Tratado de Autoecología de Plantas —* (3ª edición). Editorial Limusa S.A., México D.F. 496 págs.
- GANDULLO, J. M. (1974): «Ensayo de evaluación cuantitativa de la insolación en función de la orientación y de la pendiente del terreno». *Anales INIA/Ser. Recursos Naturales*, 1: 95-107. Madrid.
- MARTÍN VIDE, J. (1991): *Fundamentos de climatología analítica*. Editorial Síntesis S.A., Madrid. 157 págs.
- PEINADO SERNA, A. (1985): *Lecciones de climatología. Conceptos y técnicas*. Instituto Nacional de Meteorología (I.N.M.). Ministerio de Transporte, Turismo y Comunicaciones, Madrid. 111 págs.
- STRAHLER, A. N. & STRAHLER A. H. (1989): *Geografía Física* (3ª ed.). Ediciones Omega, S.A., Barcelona. 550 págs.
- VIERS, G. (1975): *Climatología*. Oikos-tau, S.A., Barcelona. 309 págs.