

**ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE.
APLICACIÓN A LA ESPAÑA
PENINSULAR**

F. Picazo

M. M. Artigao

J. J. Miralles

F. Picazo, M. M. Artigao, J. J. Miralles. Departamento de Física Aplicada. Escuela Universitaria Politécnica de Albacete. Universidad de Castilla-La Mancha

1. UN POCO DE HISTORIA

LA crisis de energía que sufre la humanidad más debería llamarse crisis del petróleo, pues fuentes de energía se va a tratar de demostrar que se pueden crear, o más bien se pueden ordenar, ya que existen; lo que ocurre es que la humanidad ha ido buscando el camino más corto, o si se quiere, en lenguaje termodinámico, el de más fácil incremento de entropía.

Es cierto que en tiempos atrás ha existido crisis de madera, cuando aún no estaba generalizado el uso del carbón fósil, esto quiere decir que si se vuelve a la energía de los siglos anteriores al XVIII hay que empezar a repoblar los montes y a regular el talado de árboles. Indudablemente que este medio de conseguir energía a base de carbón de madera o directamente de ella es de rendimiento aún más bajo que la consecución de electricidad del carbón mineral.

Se debe pensar que en Europa, durante mucho tiempo, se consumía carbón mientras que Estados Unidos de Norteamérica consumía petróleo. Fue después de la Segunda Guerra Mundial cuando el petróleo, más barato que el carbón, había sustituido casi totalmente a éste. Europa ya tenía basado todo su desarrollo en el petróleo y casi la totalidad de su energía se obtiene de él.

Es evidente que los bosques no van a dar, en breve plazo, lo que ha sido un proceso natural de milenios, de almacenamiento de energía fotoquímica; pero si no se opera una transformación para aumentar las reservas o al menos para mantenerlas, nues-

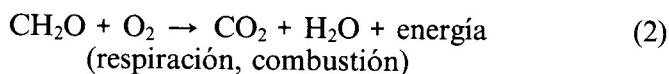
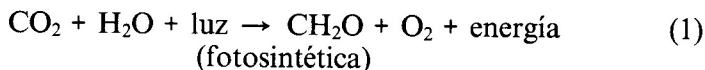
tros descendientes recibirán un mundo energéticamente empobrecido.

Se piensa, por otra parte, que los bosques no van a dar toda la energía que se necesita en los países industriales, pues ni el carbón, con unas reservas estimadas en $2 * 10^{23}$ julios, en parte abandonado su uso, es suficiente, ni la energía nuclear, que es una insignificante parte de la total que hoy consumen los países.

2. HAY QUE BUSCAR OTRAS FUENTES DE ENERGÍA

Si consideramos la energía almacenada como aceites fósiles en el interior de la Tierra, estimada en $2 * 10^{23}$ julios, y la comparamos con la disponible, "anual", para fotosíntesis procedente del Sol, estimada en $7 * 10^{23}$ julios/año, o bien con la máxima disponible para producción primaria, unos 10^{23} julios/año, puede observarse que no debemos ser alarmistas en cuanto a fuentes de energía se refiere, sino que debemos encaminarnos a establecer las bases para una infraestructura que nos permita utilizar racionalmente los recursos del medio en que nos desenvolvemos.

Las reacciones químicas siguientes:



convenientemente manipuladas, provocadas o activadas, podrían ser el recurso que devolviera a la humanidad el sosiego a una psicosis de consumo desordenado.

Si se tiene en cuenta el consumo de energía, principalmente en aceites fósiles, unos $2,5 * 10^{20}$ julios los recursos o reservas en el interior de la Tierra, al ritmo actual de consumo, se acabarían en menos de quinientos años.

Indudablemente, las zonas más favorecidas de la Tierra para comenzar este proceso de regeneración o de devolución de la confianza a la humanidad son las zonas tropicales y las latitudes medias, donde la energía procedente del Sol que llega al suelo es en mayor cuantía y regularidad. En la tabla I se presenta el ritmo de producción de materia seca que podría obtenerse por año y hectárea en las zonas que se indican, así como la eficiencia de conversión de energía solar en porcentaje del total que llega al suelo.

TABLA 1

DISTRIBUCION DE ZONAS	Ritmo de producción de materia seca (Tm/Ha.año)	Eficiencia de conversión de energía solar en%
Zona tropical		
Hierbas, forrajes	88	1,6
Caña de azúcar	66	1,2
Plantas sumergidas	59	1,1
Zonas templadas		
Cultivos perennes	29	0,5
Cultivos temporales	22	0,4
Pastizales	22	0,4
Bosques de hoja perenne	22	0,4
Bosques de hoja caduca	15	0,3
Sabanas	11	0,2

FUENTE: FAO

Actualmente el suelo de la Tierra da un producto primario de 16 a $22 * 10^{10}$ Tm/año, y los océanos, mares, lagos y ríos dan de 6,6 a $8 * 10^{10}$ Tm/año, o sea un total medio de $27 * 10^{10}$ Tm/año, que si se estima un calor de combustión de $1,6 * 10^9$ julios/Tm, representa la no despreciable suma de $4,3 * 10^{20}$ julios/Tm * año, o sea algo más, casi el doble, de la energía consumida en aceites fósiles en 1970. Este producto primario, claro está, es la entrada de energía a todo el mundo viviente, del cual el hombre sólo es una parte y grandes cantidades se consumen en comunidades de animales y bacterias y como alimentos y proteínas por el hombre, pudiendo ser el resto empleado como energía. Luego la solución es obvia, si no en su totalidad, sí en parte: sustitución de algunos combustibles fósiles por otros derivados de los vegetales e iniciar procesos de investigación para transformar los combustibles vegetales en combustibles líquidos y gaseosos, y aumentar los cultivos y la forestación de la mayor cuantía de la superficie del planeta.

A la vista de lo dicho antes se induce que el problema principal no es la producción de alimentos, sino el suministro de energía para otras necesidades. Por ello, hay que pensar que, con introducir pequeños cambios en la agricultura y en la manipulación de alimentos, puede aliviarse el futuro mundial de su suministro; refiriéndose a España, existe un exceso de producción y potencialmente puede adquirir un ritmo mucho mayor. En cuan-

to a la alternativa de los aceites fósiles, un pequeño cómputo conduce al número de hectáreas de superficie cubierta de bosques necesarias para suministrar los $235 * 10^{15}$ julios que se consumieron en el año 1987, que asciende a $235 * 10^{15}/1.600 * 10^6 = 146,9 * 10^6$ Tm. Si se acepta que un bosque en producción puede dar 22 Tm/año Ha. de madera transformable, serían precisas 6,7 millones de Ha. (14% del suelo nacional).

Si, por otra parte, se tiene en cuenta que de regadíos y frutales hay cubierta el 30,3%, de viñedos el 35% y de secano con aprovechamiento agrícola el 11%, queda aún el 10% del suelo del cual una parte se podría ganar para monte maderable.

La situación en cuanto a producto primario con posibilidades de transformación a energía no es que sea excelente, pero dadas las características de la climatología del país, los recursos para la obtención de producto primario son aceptables, como se va a analizar a continuación.

3. RADIACION RECIBIDA DEL SOL

Mediante la radiación medida en 12 observatorios de la Península, con un mínimo de dos años y utilizando la expresión más comúnmente usada en la bibliografía:

$$Q = Q_0 \left(a + b \frac{S}{S_0} \right) \quad (1)$$

donde:

- 1) Q_0 es la radiación sobre la unidad de superficie horizontal en el límite de la atmósfera, según S. A. Klein:

$$Q_0 = \frac{24}{\Pi} Q_s \left[1 + 0,033 \cos \left(\frac{360}{365} n \right) \right] \quad (2)$$

$$\left(\cos \varphi \cos \delta \sin w_s + w_s \frac{\Pi}{180} \sin \varphi \sin \delta \right)$$

donde Q_s es la constante solar, φ la latitud del lugar, δ la declinación del Sol, n el número correspondiente al día y w_s el ángulo horario del Sol al ocaso. El valor de δ se obtiene con gran aproximación de:

$$\delta \approx 23,45^\circ \sin \left[\frac{360}{365} (284 + n) \right] \quad (3)$$

deduciéndose de este valor y de la latitud el de w_s

$$w_s = -\text{tag } \varphi \text{ tag } \delta \quad (4)$$

Como se han tomado valores mensuales, se ha considerado en (2) el correspondiente al día que en el límite de la atmósfera se recibe de media la correspondiente al mes.

- 2) S_0 es la duración astronómica del día.
- 3) a y b son parámetros que pueden determinarse fácilmente y que son constantes en cada lugar.
- 4) S es la insolación medida con heliógrafo.
- 5) Q es la radiación global sobre la unidad horizontal de área.

La expresión (1) tiene la ventaja de establecer una relación lineal entre Q y S basada en que los valores de a y b no varían de modo apreciable de un mes a otro, o sea que

$$Q = A_1 S + A_0 \quad (5)$$

Para los lugares de que se disponía de datos diarios de insolación y radiación se calcularon los coeficientes de correlación y las rectas de regresión, considerándose solamente aquellos en que $r \geq 0,9$.

Conocidos Q_0 y S_0 , según se ha dicho, la identificación de (5) con (1) da:

$$a = \frac{A_0}{Q_0} \quad b = A_1 \frac{S_0}{Q_0} \quad (6)$$

Los valores obtenidos para Q_0 y S_0 , ordenados por latitud, se dan en la tabla II, marcando con un asterisco los que se han obtenido con datos de insolación y radiación.

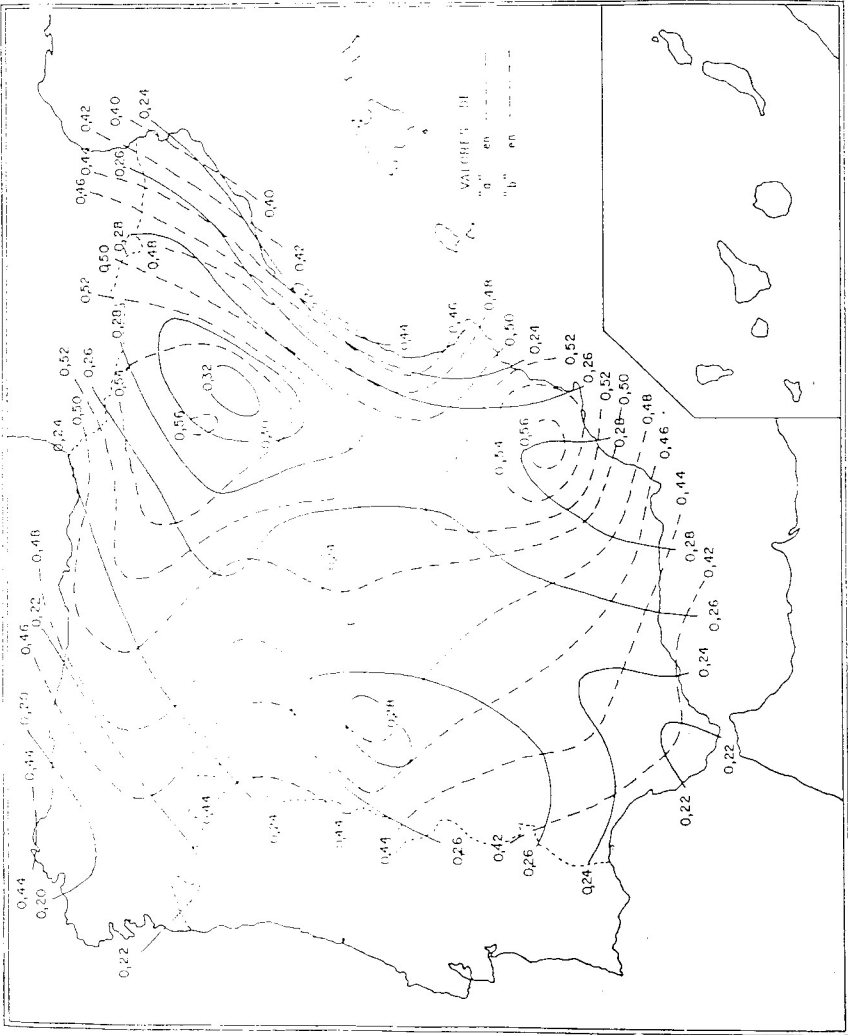
El mapa 1 presenta las isopletras de a y b . Basándose en el mapa 1, en los datos que presenta la tabla II y en los existentes en los archivos del Instituto Nacional de Meteorología, se han confeccionado mapas de radiación y de insolación para todos los meses del año, de los que sólo se presentan algunos.

TABLA II

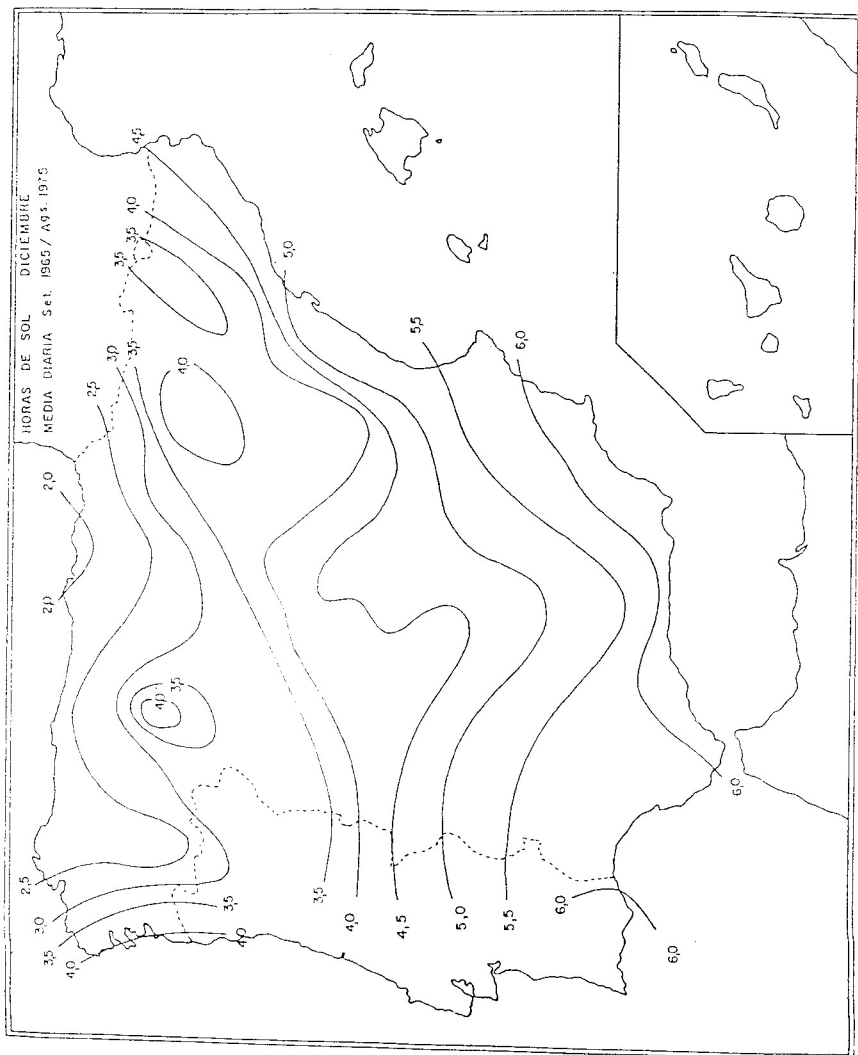
Latitud Norte	POBLACIONES	VALORES DE Q_0/S_0											
		Enc.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
43,5	Santander*, Oviedo*, La Coruña, San Sebastián	309	438	611	796	931	988	959	848	676	488	339	275
		9.1	10.3	11.7	13.2	14.4	15.2	14.9	13.8	12.3	10.8	9.5	8.9
43,0	Bilbao, Lugo, Vitoria, Pamplona	316	445	616	799	932	988	959	850	681	494	346	282
		9.2	10.4	11.7	13.2	14.5	15.1	14.8	13.7	12.3	10.8	9.5	8.9
42,5	León, Logroño*, Pontevedra, Orense, Burgos	324	452	621	803	933	988	960	853	686	500	353	289
		9.3	10.4	11.7	13.2	14.4	15.1	14.8	13.7	12.3	10.8	9.6	9.0
42,0	Huesca, Gerona Palencia	331	459	627	806	935	988	960	855	691	507	360	296
		9.3	10.4	11.7	13.1	14.4	15.0	14.7	13.7	12.3	10.8	9.6	9.0
41,5	Soria, Valladolid, Zaragoza*, Lérida, Zamora, Barcelona*	338	466	633	810	936	988	960	857	696	513	367	303
		9.4	10.4	11.7	13.1	14.3	15.0	14.7	13.6	12.3	10.9	9.6	9.1
41,0	Tarragona, Salamanca*, Segovia	345	472	638	813	937	988	961	859	700	520	375	311
		9.4	10.5	11.7	13.1	14.3	14.9	14.6	13.6	12.3	10.9	9.7	9.1
40,5	Ávila, Guadalajara, Madrid*, Teruel	353	479	643	816	938	988	961	862	705	526	382	318
		9.4	10.5	11.7	13.1	14.2	14.8	14.6	13.6	12.3	10.9	9.7	9.2
40,0	Cuenca, Castellón, Toledo, Mahón	360	486	649	819	939	988	962	864	709	533	389	325
		9.5	10.5	11.7	13.1	14.2	14.8	14.5	13.5	12.3	10.9	9.8	9.2
39,5	P. de Mallorca, Cáceres, Valencia*, Cofrentes*	367	492	654	822	940	987	962	866	714	539	396	332
		9.5	10.5	11.7	13.1	14.2	14.7	14.5	13.5	12.2	10.9	9.8	9.3
39,0	Ciudad Real, Albacete, Ibiza, Badajoz*	374	499	660	825	941	987	962	868	718	546	403	340
		9.6	10.6	11.7	13.0	14.1	14.7	14.4	13.5	12.2	11.0	9.9	9.3
38,5	Alicante	382	506	665	828	941	986	962	870	723	552	410	347
		9.6	10.6	11.7	13.0	14.1	14.6	14.4	13.5	12.2	11.0	9.9	9.4
38,0	Murcia*, Córdoba, Jaén	389	513	670	831	942	985	963	873	727	558	417	355
		9.7	10.6	11.8	13.0	14.1	14.6	14.4	13.4	12.2	11.0	9.9	9.4
37,5	Sevilla*	396	520	675	834	943	985	963	875	732	564	424	362
		9.7	10.6	11.8	13.0	14.0	14.5	14.3	13.4	12.2	11.0	10.0	9.5
37,0	Huelva, Granada, Almería*	403	526	680	837	944	985	963	877	736	570	431	369
		9.8	10.7	11.8	13.0	14.0	14.5	14.3	13.4	12.2	11.0	10.0	9.5
36,5	Málaga, Cádiz	410	533	685	840	944	984	963	879	741	576	438	373
		9.8	10.7	11.8	12.9	13.9	14.5	14.2	13.4	12.2	11.0	10.0	9.6

* Radiación, Q_0 , en $\text{cal/cm}^2 \cdot \text{día}$, sobre una superficie horizontal en el exterior de la atmósfera, y horas de sol, S_0 (duración astronómica del periodo diurno) en horas y décimas, medias diarias mensuales, correspondientes a intervalos de latitud de $0,5^\circ$, que se indican, donde se encuentran las poblaciones citadas; marcadas con asterisco las utilizadas como medidoras de radiación.

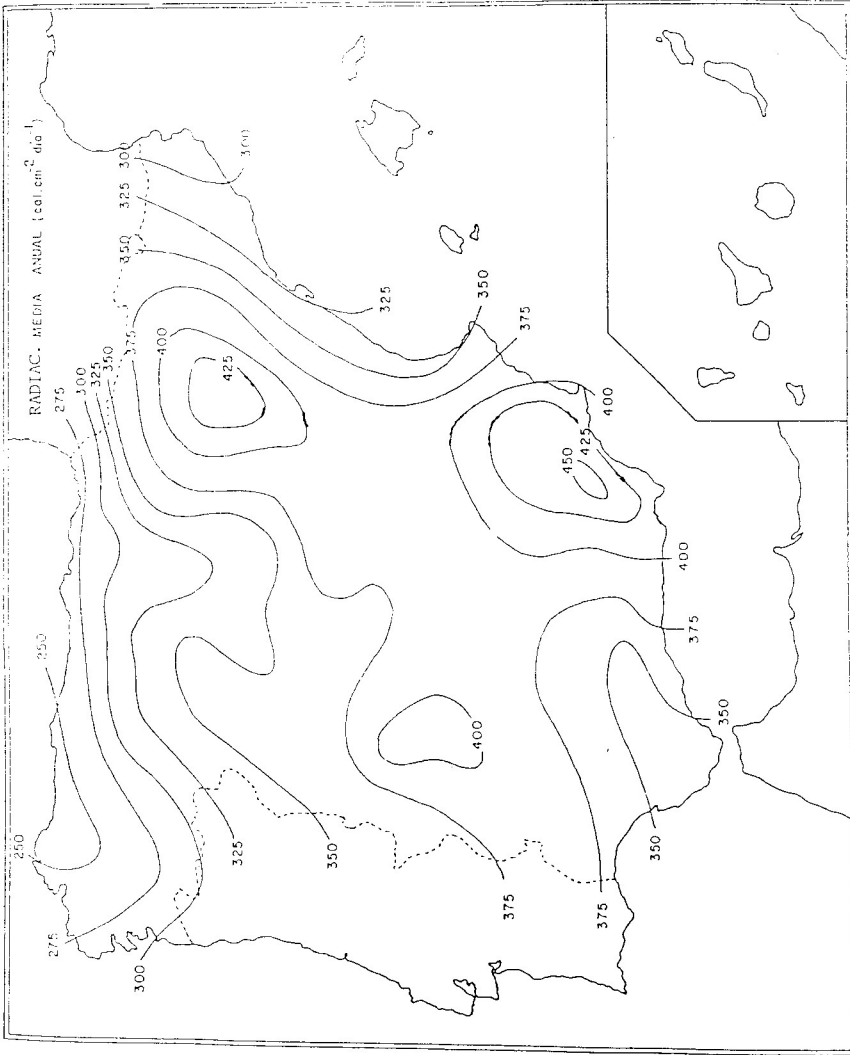
FUENTE: Instituto Nacional de Meteorología.



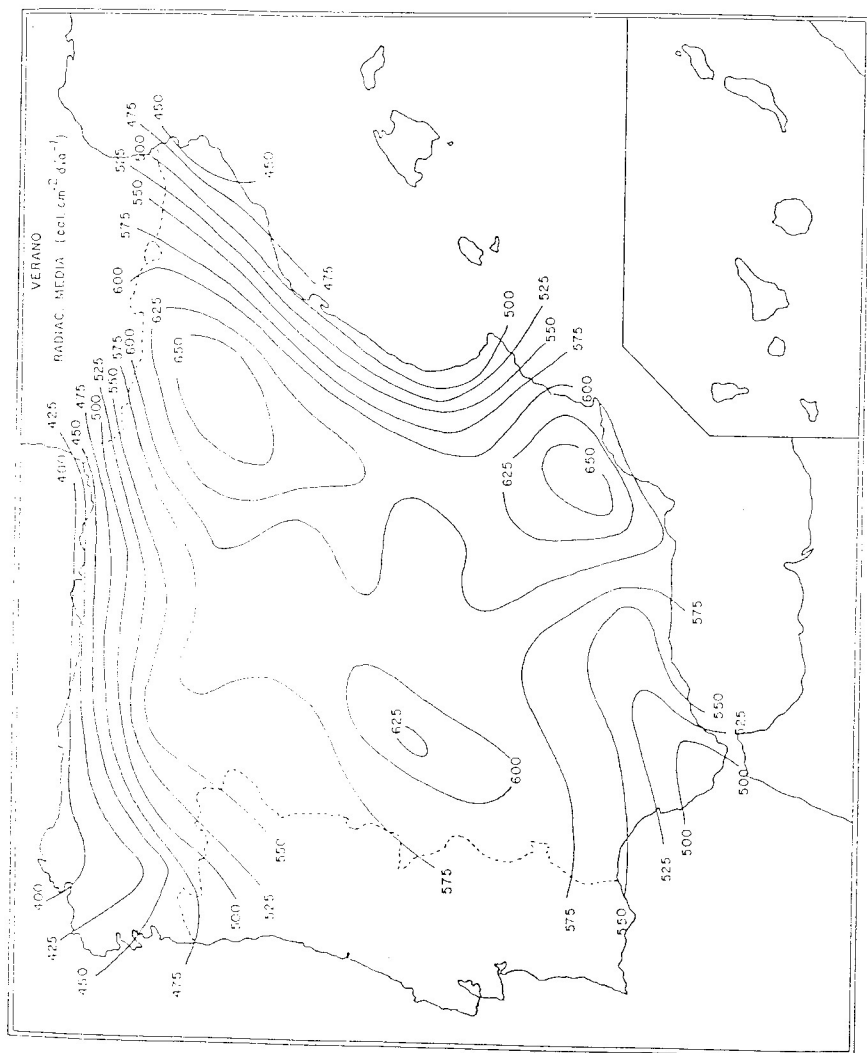
MAPA 1



MAPA 3



MAPA 3



BIBLIOGRAFÍA

- CASTAÑS, M.; MARTÍNEZ, I.; RODRÍGUEZ RON, M. (1980): "*Radiación Solar en la España Peninsular*". Departamento de Física de E.T.S. de Arquitectura de la U. Politécnica de Madrid.
- CHANG, J. H. (1965): "Climate and Agriculture". *Ecological Survey*. Vol. 6, núm. 28. Aldine Publishing Company.
- MEINEL A. B. y MEINEL M. P. (1987): "*Applied Solar Energy, an Introduction*". Addison-Wesley Publishing Company.
- MESSEL, H. y BUTTER S. T. (1974): "*Solar Energy*". Pergamo Press.
Anuarios del Instituto Nacional de Meteorología.
Anuarios de Hidroeléctrica Española.