

LES DADES D'IRRADIACIÓ SOLAR GLOBAL DIÀRIA DE 10 ESTACIONS DE LA XARXA METEOROLÒGICA DEL DARP

Miquel BOHIGAS i CONDAL

Grup Climatologia, Dpt. Geografia Física i Anal. Geogr. Reg. Universitat de Barcelona

RESUMEN

Esta comunicación hace un estudio del valor máximo posible de irradiación solar global diaria de 10 estaciones meteorológicas del *Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca* (DARP) y lo correlaciona con la altitud del punto de medida, encontrando un coeficiente positivo muy significativo. Asimismo, el procedimiento propuesto sirve como test de calidad de los registros de cualquier serie de tal parámetro.

Palabras Clave: Radiación, irradiación

ABSTRACT

This report is a study of the greatest possible value of daily global solar irradiation of 10 meteorological stations of the *Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca* (DARP), and correlates it with the height of the measured point, finding a significant positive coefficient. In the same way this process serves as a quality test of the records of these parameters in any series.

Key Words: Radiation, irradiation

1. INTRODUCCIÓ

El Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca (DARP), de la Generalitat de Catalunya té en funcionament una xarxa d'estacions automàtiques Campbell des de finals de la dècada dels 80 amb un nombre d'estacions que ha anat augmentant en el temps, fins arribar a les 63 de què disposa en el mes de maig de 1999. Aquesta xarxa facilita les dades actuals i històriques per via telemàtica als usuaris i és una eina de primer ordre quant al coneixement del temps atmosfèric, no sols amb finalitat agroclimàtica sinó des de qualsevol vessant de la climatologia i de la meteorologia. Totes les estacions disposen de radiòmetre d'energia radiant global i radiòmetre d'energia radiant neta. En aquesta comunicació compararem les dades d'irradiació global diària de 10 estacions, i comprovarem la qualitat de les dades; a més efectuarem hipòtesis quant a la valoració de la qualitat de les dades de qualsevol altra sèrie d'aquests paràmetres.

2. LES UNITATS

És necessari efectuar una breu clarificació de la terminologia que emprem. Encara que normalment parlem de radiació directa, difosa, global, reflectida i neta, aquesta denominació no és del tot correcte perquè no indiquem si estem parlant d'energia o de potència, de tota manera, ja que ens resulta familiar, no hi ha inconvenient continuar-la usant sempre que quedi clara la unitat en què l'expressem. Primerament direm que el que mesuren els sensors d'energia radiant en un instant determinat és una potència, o sigui el treball que seria realitzable en una unitat de temps; en aquest sentit direm que si l'atmosfera se'ns presenta plenament transparent, el transductor del sensor d'energia global donarà una lectura instantània alta, mentre que si hi ha núvols donarà una lectura instantània baixa. La unitat de potència en el Sistema Internacional, és el Watt (W), així doncs, com sigui que l'energia radiant solar arriba a qualsevol superfície degudament orientada, trobarem la unitat de la **irradiància**, que és la potència incident \cdot superfície⁻¹, en S.I. $W(m^2)^{-1}$, (sempre suposarem que la superfície és horitzontal).

La irradiància és una unitat que té poques aplicacions perquè el que ens interessa més és l'acumulació d'aquesta en una unitat de temps, és a dir l'energia. Recordem que potència és igual a energia \cdot temps⁻¹, així doncs: potència \cdot temps és igual a energia. La unitat de l'energia és el Joule, (J) d'aquesta forma trobem la unitat anomenada **irradiació**, que és l'energia o irradiància acumulada en un determinat període en una unitat de superfície, que representarem per $J.(m^2)^{-1}$.

Referent a això hem de destacar que la irradiància no la solem indicar de manera instantània sinó que, per raons operatives evidents, solem indicar el promig en un temps, normalment una hora, així doncs, realitzant aquest pas tan trivial, la irradiància es converteix, de fet, en una mesura d'irradiació. Resumint, la Irradiació és la suma de les infinites irradiàncies que trobem en un període de temps, en el nostre cas aquest període serà un dia, i la seva unitat pràctica serà el $MJ.(m^2)^{-1}$.

3. ELS ANTECEDENTS BIBLIOGRÀFICS A CONSIDERAR

En aquest apartat hem de citar necessàriament l'obra de NÚÑEZ ESPALLARGAS i PÉREZ PÉREZ (1977), on els autors profunditzen en la cerca de les constants de correlació entre insolació i irradiació, i entre nuvolositat i irradiació. Aquests tipus de treballs foren interessants des que Angstrom establí la primera fórmula al 1922, i han estat la peça clau dels estudis d'irradiació fins que la xarxa de radiòmetres no ha estat prou desenvolupada. En el llibre citat els autors reconeixen que a Catalunya, en la dècada dels 70, sols hi havia les sèries mitjanament llargues de l'Observatori de l'Ebre i de la Universitat de Barcelona.

L'obra MARTÍNEZ MOLINA (1978), és, realment, un petit manual. Ofereix els mapes d'isolínies d'irradiació acumulada estacional i mensual de la Península de l'INM, però no dóna notícia de la seva elaboració.

A l'obra CSIC (1980), queden clares, pel mateix títol, les motivacions i els objectius dels treballs, tan sols dir que les correlacions que s'han trobat ho són per a dades procedents de Galícia.

L'obra CORONAS, LLORENÇ i VILLARRUBIA (1982), fa servir les dades de 6 estacions: Universitat de Barcelona (Pedralbes), Observatori de l'Ebre (Roquetes), Vandellós, Lleida, Sau i Universitat

Autònoma de Barcelona (Bellaterra, Cerdanyola), però reconeix que l'abastament territorial és del tot insuficient i ha d'emprar les ja sabudes correlacions amb la insolació, a més no aplica cap test de qualitat a les dades de radiació que fa servir.

L'article SEGARRA, MERCADÉ i CÉSPEDES (1995), fa un estudi de la sèrie de Manresa, que s'inicia al 1985, i compara els resultats amb els publicats a l'edició de 1993 de l'Atlas de Radiació de Catalunya, assenyalant algunes diferències.

La publicació *Atlas de radiació solar a Catalunya*, (hem emprat sols l'edició de 1996 amb dades fins 1993, hi ha una altra edició del 1993 amb dades fins 1987), és la primera obra que, més enllà del manual acadèmic, presenta un estudi amb una resolució espacial interessant i que parteix de dades originals d'irradiació, però el que és tant o més interessant, és que efectua tests de qualitat a les dades i aplica una depuració. És precisament el test de qualitat emprat el que ha significat el punt de partida del treball que desenvolupem.

Molt interessant és l'obra LLASSAT (1997), on es troben, entre altres, els resums estadístics de les dades de la xarxa del DARP, en promitjos mensuals i en evolució horària.

4. LA QUALITAT DE LES DADES

Les dades han de tenir una coherència espacial i una coherència temporal, l'Atlas de Radiació de Catalunya també parteix d'aquests supòsits inicials. Per a poder comprovar aquests principis fem la representació de la irradiació global diària en $\text{MJ} \cdot (\text{m}^2)^{-1}$ de l'estació en observació per a tot el període existent. Observarem que es forma una corba estacional sinusoidal on s'aprecien molt bé els valors teòricament màxims. En aquest punt on ens trobem hauríem de fer una petita explicació. La irradiació diària és un valor que depèn del nombre d'hores possible d'insolació per a aquell dia (que és un valor d'origen astronòmic que està tabulat), i també de la transparència de l'atmosfera; així doncs, trobem un possible valor màxim per a cada dia del cicle estacional, que és aquell en el qual podem trobar l'atmosfera el màxim de transparent possible durant tot el dia. La present metodologia parteix del supòsit que un de cada n dies serà de cel totalment serè; realment hi pot haver dies serens amb major transparència que altres, però les diferències seran molt petites en relació a dies més o menys ennuvolats. El resultat d'això és que, representant els valors diaris en un gràfic, observarem una corba de màxims, que es percep molt bé i que segueix la sinusoide de la diferent llargada del dia durant l'any. Aquesta corba de màxims es pot ajustar molt fàcilment, d'aquesta manera obtenim uns paràmetres quantificables sobre la irradiació diària màxima possible al llarg de l'any.

Hem de recordar que no estem treballant amb la irradiació promig, aquesta dependrà de la presència de més o menys nuvolositat i canviarà molt d'un lloc a un altre, (la irradiació mitjana, per exemple, és la que emprarem en estudis bioclimàtics aplicats). El que la corba de màxims ens permet és aïllar el fenomen de la nuvolositat i així poder comparar estacions properes per a comprovar la seva coherència espacial i/o diferents períodes d'una mateixa estació per comprovar la seva coherència temporal.

Ja hem vist que amb la corba de màxims podem obtenir uns valors quantificables i independents de la nuvolositat que farem servir per a poder conèixer la fiabilitat de diverses estacions, ja que el valor màxim possible en estacions properes, i alçades similars, ha de ser semblant per molt que la presència de nuvolositat sigui manifestament diferent. Tanmateix, i en una mateixa estació, l'ajust de la corba

de màxims ha de ser igual de bo per a tot el període, si no ho és, és que en algun moment s'ha descalibrat. També permet corregir les dades d'una estació en què tot el període és erroni, però que disposem de les d'una estació propera i a alçada similar que demostra bones coherències.

5. L'AJUST DE LA CORBA DE MÀXIMS

Per ajustar la corba de màxims (encara que si volem també podem ajustar la corba de mitjanes però seria motiu d'un altre treball), farem servir la següent equació:

$$I = M + A \cos(\omega t + d)$$

on:

I: Irradiació diària

M: Valor promig de tot el període

A: Amplitud entre el valor màxim possible en el solstici d'estiu i en el solstici d'hivern.

ω : $2\pi(365,25)^{-1}$

t: Dia julià

d: Desfasament provocat pel fet que el dia 1 de gener no té significació astronòmica, valor constant: 3,3 radians

Un cop ajustada la corba podem apreciar qualitativament la bondat de l'ajut i fins, i tot, efectuar alguna correcció dels paràmetres M i A. Coneixent M i A podem obtenir el **valor màxim possible d'estiu** i el **valor màxim possible d'hivern** que ens proporcionaran unes dades de molta importància cara a la seva caracterització.

Per a la cerca dels valors de M i A necessitarem que l'estació tingui un mínim de dos anys de lectures per evitar la incertesa d'un sol període que no es pugui comparar amb un altre, però és millor una sèrie més llarga. Si observem que els màxims estacionals, especialment els solsticials d'estiu, no tenen el mateix valor en tots els anys escollirem aquell valor que ens sembli més representatiu.

6. LES ACCIONS REALITZADES A LES SÈRIES

S'han realitzat una sèrie de passos que descrivim tot seguit: 1.- Selecció de les estacions, s'han triat aquelles que tenen sèries llargues i una distribució espacial i d'alçades representativa; a més s'ha volgut treballar amb sols 10 estacions per no allargar massa el treball. 2.- Obtenció de la sèrie d'irradiació global diària per via telemàtica. 3.- Localització dels buits d'informació, com és sabut les estacions automàtiques presenten llacunes de vegades importants, (en el programa de gestió i transmissió de les dades no s'aprecien els buits sinó sols pel salt en les dates). 4.- Eliminació dels valors negatius, entenent que han de ser deguts a malfuncionament dels equips. 5.- Eliminació dels valors superiors a 100 MJ/m², cal pensar que el sistema, en cas d'error, sovint indica valors preestablerts de 1.000 o 10.000 amb l'única finalitat de proporcionar un algoritme no confusible amb un valor real. 6.- Eliminació dels valors iguals a 0, manifestament erronis. 7.- Localització d'incoherències temporals en resolució diària, això s'ha fet per comprovar la bondat del calendari en el sistema, s'han localitzat dies en que tots els valors són manifestament baixos, fet provocat per

nuvolositat generalitzada a tota Catalunya, s'ha comprovat que no hi ha problemes de calendari en el sistema. 8.- Comptabilització dels dies amb lectures coherents i càlcul de la proporció amb els dies totals.

7. LES CORBES DE MÁXIMS DE LES SÈRIES D'IRRADIACIÓ GLOBAL DIÀRIA

A l'annex figuren els gràfics de les 10 estacions triades. En cada gràfic apreciem els valors d'irradiació diària acumulada i la corba de màxims de tot el període, hi apreciem qualitativament la bondat de les dades i el valor de màxims i mínims solsticials. Tot seguit descrivim cada estació.

7.1 Viladecans

Baix Llobregat, alçada 13 mts. 99,2% dels valors útils. Anys complerts 1994 a 1998. Presenta greus deficiències en les lectures fins l'estiu de 1996, a partir d'aquest moment sembla correcta. Cal destacar els ajustaments del sensor observats a finals de 1994 i a l'estiu de 1996. Si no fos per la precisió que comprovem en aquests dos ajustaments, podríem arribar a pensar que presenta problemes de calendari que es manifesten com un desfassament. Es la pitjor sèrie de les que hem treballat.

7.2 Mas Badia

Baix Empordà, alçada 20 mts. 96,1% dels valors útils. Anys complerts 1990 a 1998. Sèrie molt irregular fins a començament de 1993. Presenta períodes erronis en excés com ara 1990 i 1991, i per defecte com 1992.

7.3 Cabanes

Alt Empordà, alçada 31 mts. 99,9% dels valors útils. Anys complerts 1992 a 1998. Sèrie molt regular en tota la seva extensió, pot tenir algun problema de lectures baixes als estius de 1994 i 1995.

7.4 Mas Bové

Tarragonès, alçada 105 mts. 96,5% dels valors útils. Anys complerts 1991 a 1998. Sèrie molt regular, qualitat semblant a la de Cabanes. Possible problema de lectures baixes a l'estiu de 1995.

7.5 Raïmat

Segrià, alçada 290 mts. 98,0% dels valors útils. Anys complerts 1989 a 1998. Sèrie molt desigual que manifesta problemes en molts moments. Per a ajustar la corba hem emprat els anys 1995, 1996 i 1997 que potser són els més regulars, els valors de l'any 1998 són clarament massa elevats, encara que al 1991 ho són encara més. No és una bona sèrie.

7.6 Montmell

Baix Penedès, alçada 540 mts. 99,4% dels valors útils. Anys complerts 1996 a 1998. Sèrie curta però sembla força bona, algun problema amb els valors d'hivern de 1995 però que dura menys d'un mes.

7.7 Les Avellanes

La Noguera, alçada 580 mts. 100% dels valors útils. Anys complerts 1996 a 1998. Sèrie molt semblant a la del Montmell. Sèrie bona.

7.8 Sta. Coloma de Q.

Conca de Barberà, alçada 710 mts. 100% dels valors útils. Anys complerts 1997 i 1998. Sèrie molt curta però que no hem volgut rebutjar, sembla correcta.

7.9 Viladrau

Osona, alçada 860 mts. 99,9% dels valors útils. Anys complerts 1996 a 1998. Sèrie sense cap problema.

7.10 Prades

Baix Camp, alçada 990 mts. 99,8% dels valors útils. Anys complerts 1996 a 1998. Sèrie bona que sols presenta un problema en els seus primers dos mesos de funcionament que es soluciona amb un ajustament a la primavera de 1996.

8. CONCLUSIONS SEGONS LA COHERÈNCIA TEMPORAL DE LES SÈRIES

Observem que en els registres posteriors a 1996 no trobem problemes, excepte l'estiu i tardor d'aquest any a Viladecans. Els valors d'anys anteriors són molt desiguals, observant sèries força bones com ara Cabanes o Mas Bové, fins altres amb greus problemes, com ara Viladecans, Mas Badia o Raïmat. Globalment hauríem de dir que les dades són bones si les comparem amb les irregularitats que cita l'Atles de Radiació de Catalunya en altres sèries.

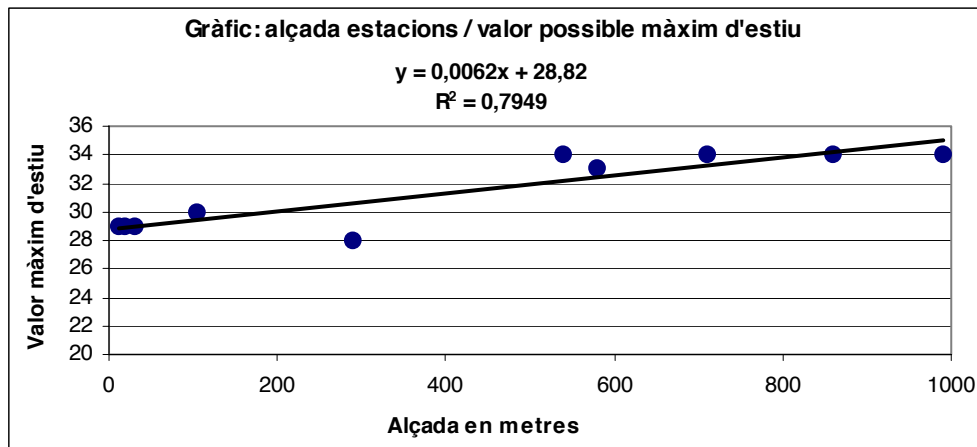
9. CONCLUSIONS SEGONS LA COHERÈNCIA ESPACIAL DE LES SÈRIES

Hem considerat el **valor màxim possible solsticial d'estiu** dels ajustaments efectuats a les sèries, no hem utilitzat el **valor màxim possible solsticial d'hivern** ja que tan sols varia entre 7 i 9 MJ.(m²)⁻¹. El valor màxim d'estiu presenta valors entre 28 i 34 MJ.(m²)⁻¹ que indiquem a la següent taula:

Estació	Alçada mts.	Valor Màxim MJ. (m ²) ⁻¹
Viladecans	13	29
Mas Badia	20	29
Cabanes	31	29
Mas Bové	105	30
Raïmat	290	28
El Montmell	540	34
Les Avellanes	580	33
Sta. Coloma de Q.	710	34
Viladrau	860	34
Prades	990	34

Efectuant la correlació entre alçada i valor màxim possible d'estiu, (encara que R² no té el valor que desitjaríem), observem que augmentant l'alçada, el valor possible màxim d'estiu s'esdevé més elevat, cosa evident si tenim en compte que la transparència de l'atmosfera ha de ser superior. Cal destacar el valor anormalment baix de Raïmat, (a més, el més baix de totes les estacions considerades), que unit als problemes de coherència temporal que li hem detectat, faria aconsellable revisar a fons la instal·lació. El coeficient de correlació no és més alt perquè hi ha factors locals, com ara aerosols o

condensació, que poden ser diferents d'un punt a un altre; cal recordar que, el fet d'utilitzar sols la irradiació global màxima possible, aïlla el resultat del fenomen de la nuvolositat. Altrament, coneixent la regressió establerta podem aproximar els valors màxims possibles per a observatoris en els quals no tenim registres.



REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- ATLAS DE RADIACIÓ SOLAR A CATALUNYA (1996): Generalitat de Catalunya, Departament d'Indústria, Comerç i Turisme.
- CORONAS, LLORENÇ, VILLARRUBIA (1982): *Energia solar a Catalunya: Radiació solar i insolació*, Departament d'Indústria i Energia, Publicacions Universitat de Barcelona.
- CSIC (1980): *Avances sobre la investigació en bioclimatología*, coordinada per BLANCO A., col·laboracions de GONZALEZ, P. DIAZ-FIERROS F. *Medida directa de la radiación y cálculo indirecto a partir de la insolación*, i *Cálculo indirecto de la radiación a partir de la nebulosidad y la evaporación*.
- LLASAT, M. C. (1997): *Meteorologia Agrícola i Forestal a Catalunya*, DARP.
- MARTINEZ MOLINA, I. (1978): *Radiación solar y agricultura*, Sección de meteorología agrícola del INM.
- NUÑEZ i ESPALLARGAS, J. i PÉREZ PÉREZ, J. (1977): *Distribució del balanç de la Radiació a Catalunya*, Institut d'Estudis Catalans.
- SEGARRA, MERCADÉ, CÉSPEDES (1995): *Irradiación solar en la ciudad de Manresa*, Actes II Reunión Grupo Climatología, AGE.

ANNEX

