

## **RADIACIÓN Y TEMPERATURA EN EL PERIODO 1990-1999 EN EL CAMPO EXPERIMENTAL DE «EL ARDAL» (MURCIA): ESTUDIO PRELIMINAR**

*Francisco Belmonte Serrato, Francisco José Gomariz Castillo,  
Raúl Gallego García y Esperanza Carmona Valcárcel*

Universidad de Murcia

### **RESUMEN**

Este trabajo constituye una primera aproximación al análisis de las series de radiación y temperatura registradas en la estación meteorológica del campo experimental de «El Ardal» en el periodo 1990-1999. Los resultados iniciales, indican un aumento progresivo de la radiación global y de la temperatura a lo largo de los diez años del periodo de registro, al mismo tiempo que la radiación reflejada desde la superficie del suelo (albedo), registra una tendencia decreciente.

**Palabras clave:** Albedo, Precipitación, Radiación Global, Temperatura.

### **ABSTRACT**

This work relates a first approach to the analysis of registered radiation series and temperature in the meteorological station of the «The Ardal» experimental field at the period 1990-1999. The initial results, show a progressive increase of the global radiation and temperature along ten years to registered period, at the same time that the reflected radiation from the surface (albedo), registers a negative tendency.

**Key words:** Albedo, Precipitation, Global Radiation, Temperature.

## **INTRODUCCIÓN**

La radiación emitida por el Sol al espacio, en todas las direcciones, es de  $73.6 \times 10^6$  W/m<sup>2</sup>. De esta cantidad, la Tierra recibe tan sólo dos mil millonésimas partes. Lo que sig-

Fecha de recepción: 28 de mayo de 2002. Fecha de aceptación: 24 de junio de 2002.

\* Departamento de Geografía Física, Humana y Análisis Regional. Universidad de Murcia. Campus de La Merced. 30001 MURCIA (España). E-mail: franbel@um.es

nifica que en el límite de la atmósfera y con la Tierra situada en su distancia media al Sol, sobre una superficie perpendicular a sus rayos, la energía recibida es aproximadamente de  $1.373 \text{ W/m}^2$  ( $1,96 \text{ cal/cm}^2/\text{min.}$ ) (López Bermúdez *et al.*, 1992). Sin embargo, esta cantidad de radiación, aunque prácticamente constante en el exterior de la atmósfera, es muy variable en superficie dependiendo de la atmósfera, la altura del Sol, la distancia Sol-Tierra y la duración del día. Cuando penetra en la atmósfera, la radiación solar se atenúa. *Grosso modo*, un 30% de la radiación solar recibida (9% rayos X, Gamma y Ultravioleta; 45% visible y 46% infrarrojos), es de nuevo devuelta al espacio y el restante 70% (unos  $960 \text{ W/m}^2$ ) es absorbido por la superficie terrestre desde donde se refleja de nuevo en forma de radiación infrarroja (calor). Parte de esta radiación reflejada es aprisionada por la atmósfera y devuelta de nuevo a la superficie, ocasionando que la temperatura media de la Tierra sea  $33^\circ\text{C}$  más elevada que la que le correspondería por su posición respecto al Sol. De hecho, vista desde el espacio, la Tierra radia energía a longitudes de onda e intensidades características de un cuerpo a  $-18^\circ\text{C}$  (Schneider, 2001).

La capacidad de la atmósfera para aprisionar el calor, es un fenómeno natural que ha dominado siempre el balance energético de la Tierra, y su importancia está en función de la proporción de determinados gases llamados «de invernadero», fundamentalmente  $\text{CO}_2$ , pero también vapor de agua, metano y los llamados clorofluorcarburos (CFCs).

A lo largo de la historia de la Tierra se han producido, «de forma natural», ascensos y descensos de la temperatura media del planeta. Las razones de estas oscilaciones térmicas no son fáciles de determinar, pero lo que parece cada vez más claro, a tenor de las pruebas circunstanciales del pasado geológico e histórico, es la relación entre los cambios climáticos y la fluctuación de los gases de invernadero (Schneider, 2001) y, más concretamente, del dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) (Revelle, 2001).

Desde principios del siglo XX se está detectando un aumento progresivo de la temperatura media de la Tierra y, aunque se ha discutido mucho sobre si esa tendencia era natural o provocada por la acción humana, en la actualidad la mayoría de los expertos considera que se debe a la emisión a la atmósfera de grandes cantidades de gases de invernadero procedentes de la quema de combustibles fósiles y la deforestación. En concreto, desde la *Revolución Industrial*, el hombre ha provocado un aumento en el contenido de  $\text{CO}_2$  del 25%. Estas emisiones han ocasionado un aumento de temperatura a una velocidad que algunos modelos climáticos (Karl *et al.*, 2001) estiman en 100 veces superior a la de los últimos 18.000 años, cuando se inició el actual periodo interglacial, que denota una tendencia no natural.

En este trabajo, derivado del análisis estadístico de los datos climáticos registrados en los diez años de funcionamiento (1990-1999) de la estación meteorológica del campo experimental de El Ardal, se pone de manifiesto el progresivo aumento de la radiación global y de la temperatura así como el descenso de la radiación reflejada desde el suelo (albedo). Apoyando las observaciones realizadas en muchos otros lugares de la Tierra sobre el calentamiento global.

## ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se ha realizado en el campo experimental de «El Ardal» situado en la Cuenca del Río Mula (Murcia, Sureste de España) (Figura 1). El área se encuentra a  $38^\circ$

04°30'' N - 1°32' 18'' W. La estación meteorológica se encuentra en la parte somital de una pequeña loma situada a 550 m de altitud. La precipitación media anual está en torno a los 300 mm con acusadas variaciones mensuales e interanuales, y la temperatura media anual es de 14.5 °C. (Belmonte Serrato y Romero Díaz, 1996).

## MATERIAL Y MÉTODO

### La estación meteorológica automática (EMA). Características técnicas

La estación meteorológica automática, modelo Meteodata 256 de la empresa GEONICA, fue instalada a finales de 1989, iniciando la serie de datos climáticos a partir de enero de 1990. Desde ese año y hasta 1999, la EMA ha estado funcionando con relativa normalidad, pero a partir de 2000, un fallo en el sistema de alimentación ha propiciado su sustitución por una nueva estación.

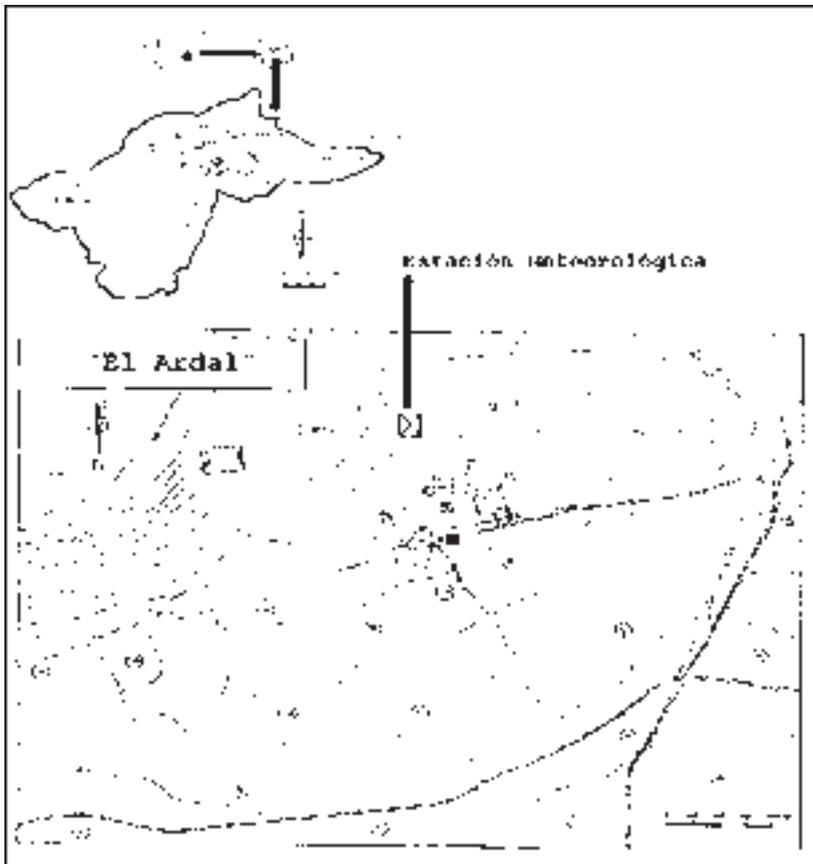


FIGURA 1: Mapa de situación del campo experimental de «El Ardal» y situación de la estación meteorológica automática (EMA).

En el periodo de funcionamiento, la EMA ha generado 144 registros al día (cada 10 minutos) de cada una de las variables climáticas medidas, lo que supone un total de medio millón de registros para cada variable en los 10 años de funcionamiento.

Las características principales de esta estación automática se muestran en la tabla 1.

TABLA 1  
Características generales de la EMA

Tipo de datos	Analógicos con muestreo cada 2 segundos
Muestreo para periodos cortos	Cada 10, 20, 30 ó 60 minutos
Muestreo para periodos largos	Cada 1, 2, 3, 6, 12 y 24 horas
Tipos de cálculo	Valores: medio, máximo, mínimo, acumulado, integrado y desviación típica
Extracción de datos	A través de PC portátil
Precisión del reloj y el calendario	Cada 10 segundos
Memoria de almacenamiento	256kb con autonomía para 20 días de registros
Sensores conectados	Temperatura Radiación Global Albedo Intensidad de precipitación Velocidad y dirección del viento Humedad Relativa Punto de rocío

### La base de datos

A excepción de un trabajo en el que se hace una caracterización climática del área de «El Ardal» (Belmonte Serrato y Romero Díaz, 1996) y donde sólo se utilizaron los primeros 5 años de datos de precipitación y temperatura, el resto de la ingente cantidad de registros climáticos obtenidos en esta estación en sus diez años de funcionamiento se mantenía hasta ahora sin analizar.

El primer paso para el análisis del enorme número de registros, ha sido la preparación de una base de datos que permitiera su tratamiento estadístico de forma sencilla.

El método de funcionamiento de la base de datos EMA de «El Ardal» es básicamente:

- Adición de datos
- Corrección de datos, eliminando los campos nulos o fallidos y los campos innecesarios, y actualizando los registros a hora solar.
- Análisis estadísticos básicos: Para la Velocidad (V y Vmax) y Dirección del Viento (D y Dsig), Temperatura, Humedad Relativa y Punto de Rocío se ha calculado el valor medio, máximo y mínimo.

Para la Radiación ( $R_g$ ,  $R_n$ ), Albedo (Alb) y Pluviosidad (Plu) se ha calculado el sumatorio.

La corrección de los datos se ha realizado mediante lenguaje SQL e introducidos en Access a través de la consola de consultas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los datos revela un aumento creciente de la radiación media diaria que pasa de  $277 \text{ W/m}^2$  en 1990 a  $298 \text{ W/m}^2$  en 1999 (Tabla 2). Recordemos que en una superficie perpendicular a los rayos solares y en un día completamente despejado, la radiación que consigue atravesar la atmósfera es de unos  $960 \text{ W/m}^2$  y que la media de radiación diaria, considerando el planeta en su conjunto es de unos  $440 \text{ W/m}^2$ . Esa variación de la radiación media diaria en los diez años, significa un aumento del 7.6%, lo que supone un incremento medio anual de un 0.76% aproximadamente, como queda claramente reflejado en el gráfico 1.

TABLA 2  
Media diaria anual de radiación, temperatura, y la precipitación total anual del periodo 1990-1999

Año	$R_g$ ( $\text{W/m}^2$ )	Albedo ( $\text{W/m}^2$ )	$R_n$ ( $\text{W/m}^2$ )	Precipitación (mm)	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )
1990	277.03	53.35	223.68	342.6	14.81
1991	283.54	40.26	243.28	230.6	14.26
1992	281.73	40.61	241.12	336.6	14.27
1993	281.02	36.87	244.15	265.8	13.96
1994	291.45	40.08	251.37	129.8	15.38
1995	298.05	41.13	256.92	117	15.64
1996	290.67	25.74	264.93	246.4	14.67
1997	283.39	30.38	253.01	429.8	15.55
1999	298.12	30.87	267.25	244.2	15.49

En esa tendencia, como es de esperar, se producen variaciones interanuales que probablemente reflejan los distintos porcentajes de nubosidad anual, pero la tendencia general al incremento de radiación global, parece estar motivada por un incremento en el retorno de la radiación infrarroja (calor), reflejada por el aumento en la atmósfera de los gases invernadero. Lógicamente, esa tendencia general, podría deberse sólo a una tendencia, también general, de disminución de la nubosidad anual, pero no parece ser el caso dada la serie de precipitaciones registrada en estos años (Tabla 1). En concreto el año más húmedo (1997) registra una precipitación de casi el doble (430 mm) de la

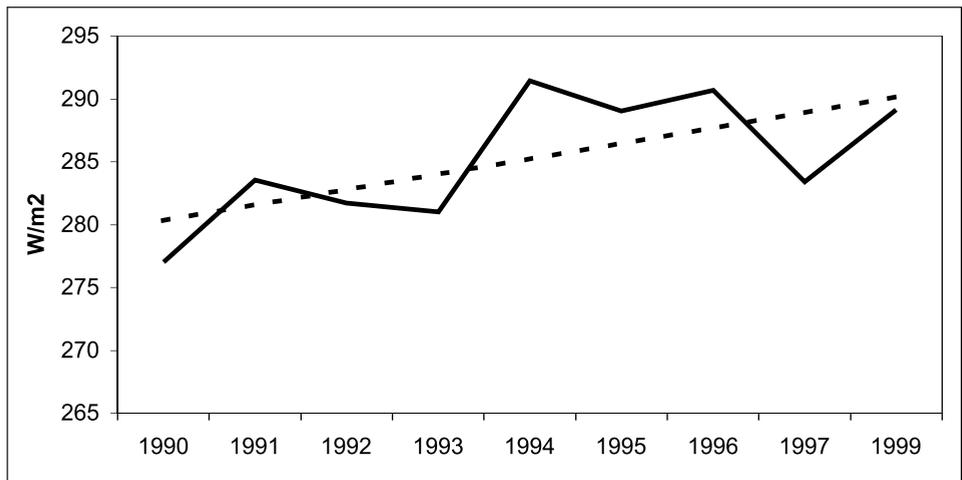


GRÁFICO 1. Evolución de la radiación media diaria anual en el periodo 1900-1999.

habida en 1991 (230 mm) y sin embargo, ambos tienen los mismos valores de radiación media diaria.

El aumento de radiación global contrasta con el descenso de la radiación reflejada desde el suelo (albedo), mucho más acusado si cabe, ya que de suponer en torno a un 15% de la radiación global, pasa al 10%. En concreto, pasa de 53.35 W/m<sup>2</sup> en 1990 a 30.87 W/m<sup>2</sup> en 1999, lo que significa un descenso del 42% (Gráfico 2).

Este enorme descenso de la radiación reflejada es más difícil de explicar, ya que si en los primeros años del periodo, el porcentaje de albedo respecto a la radiación global, responde aproximadamente al que se da en un suelo oscuro y seco (14%) (López Bermúdez, *et al.*, 1992), en los últimos años está mucho más cerca del que corresponde a un suelo oscuro y húmedo. Sin embargo, los cambios en el porcentaje de humedad en el área han ido en el sentido contrario, por lo que no parece que ese descenso pueda deberse a un aumento de la humedad del suelo.

No obstante, teniendo en cuenta que el albedo depende también de la capacidad de almacenar el calor, y que ésta es producto de la densidad y del calor específico. La disminución en el porcentaje de radiación reflejada, podría explicarse como un aumento en la capacidad de almacenamiento del calor, motivado por el aumento de densidad que se deriva del descenso de humedad del suelo. Pero en cualquier caso, esto no puede comprobarse ya que no se dispone de datos de temperatura del suelo.

Lo cierto, es que el aumento en la radiación global y el descenso de la reflejada, originan un gran cambio en el balance de radiación. De este modo, la radiación neta del periodo registra un incremento de casi un 20% (Tabla 1).

Este cambio en el balance de radiación tiene un reflejo inmediato en la temperatura media, que pasa de 14,8 °C a 15,5 °C. Un aumento de 0.7 décimas de grado que supone un 4.7% (Gráfico 3).

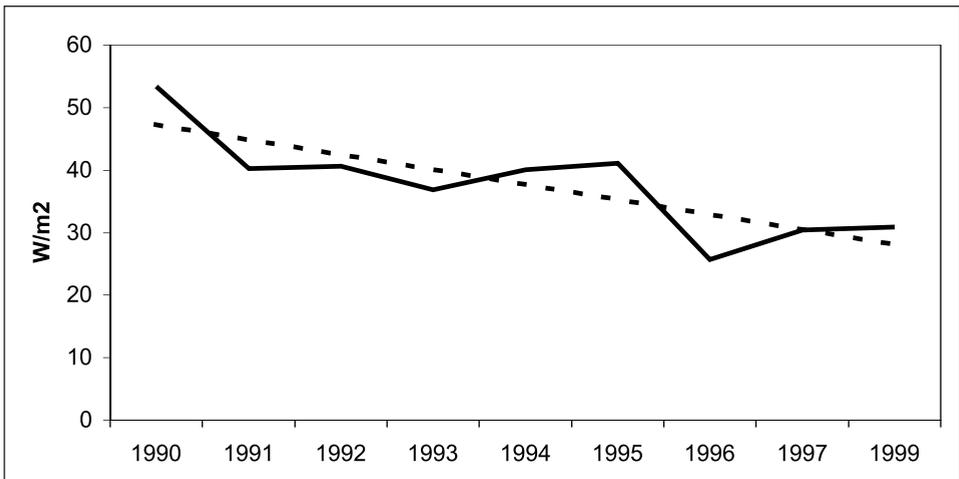


GRÁFICO 2. Evolución de la radiación reflejada (albedo) en el periodo 1990-1999.

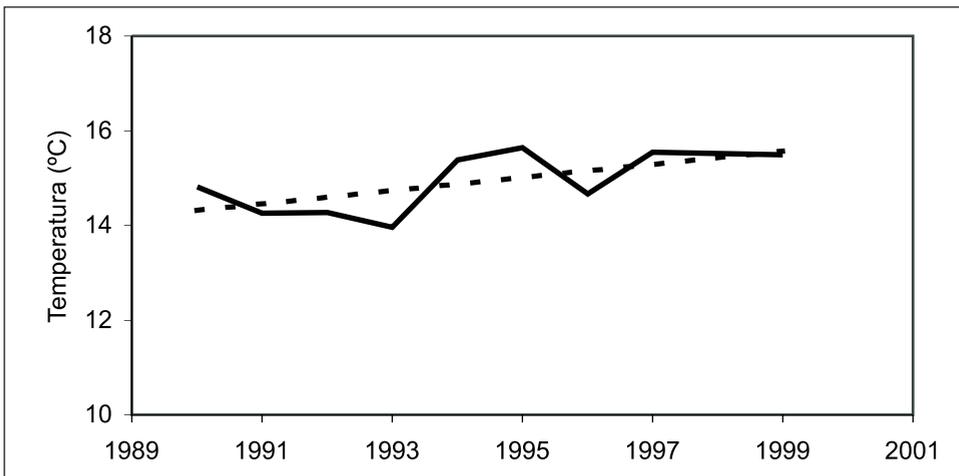


GRÁFICO 3. Evolución de la temperatura media anual en el periodo 1990-1999.

Aunque pueda parecer pequeño, este aumento en la temperatura media puede llegar a desestabilizar el ecosistema, y de mantenerse, podría generar cambios permanentes en el mismo con la llegada de especies más termófilas que ocuparían los nichos dejados por las especies afectadas. Pero éste, es un tema que habrá que ir siguiendo durante los próximos años. De momento, la serie climática es todavía corta como para asumir ese cambio, a pesar de que no hace sino confirmar lo que se está detectando en otros lugares.

## CONCLUSIONES

Aunque con sólo diez años de registros, la estación meteorológica del campo experimental de «El Ardal» ha proporcionado importantes registros climáticos, que permiten confirmar la tendencia al calentamiento global observada en muchos otros lugares de la Tierra.

El balance energético en el área de El Ardal, ha sufrido importantes variaciones en estos años. La radiación global ha aumentado un 7.6%, que da un incremento medio anual de 0.76%. El albedo, en cambio, ha experimentado un descenso de un 40% aproximadamente, pasando de suponer el 15% de la radiación global al sólo el 10%. Lo que ha llevado a la radiación neta a tener un incremento que puede cifrarse en torno a un 20%.

Este cambio en el balance de radiación, ha repercutido directamente en la temperatura, la cual ha experimentado un ascenso de 0.7 décimas de grado, pasando de 14.8 °C a 15.5 °C. Aumento este que, de mantenerse en los próximos años, podría tener consecuencias muy graves sobre la estabilidad del ecosistema, ya de por sí bastante inestable, dadas las condiciones de clima mediterráneo semiárido bajo las que se encuentra.

Estos resultados, invitan a analizar más en profundidad los datos climáticos de este periodo, y a incrementar las variables medidas a partir de ahora, entre ellas, la temperatura del suelo y la humedad en la zona de muestreo de la radiación reflejada. Al mismo tiempo habrá que incrementar los muestreos relacionados con las variables del ecosistema, fundamentalmente en lo que se refiere a composición de especies y producción, que permiten tener una medida de las consecuencias del aumento de temperatura.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en el marco del Proyecto de Investigación AGF95-0635, financiado por la CICYT en el marco del Plan Nacional de I+D (1995-1998) y por RESEL-LUCDEME (Dirección General de Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Medio Ambiente). Los autores expresan su agradecimiento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELMONTE SERRATO, F. & ROMERO DÍAZ, M.A. (1996): «Aproximación a las características climáticas en el área de influencia del campo experimental de El Ardal (Murcia). La representatividad de las series climáticas disponibles». *Papeles de Geografía*, **23-24**:47-61.
- FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (1995): *Manual de Climatología Aplicada: Clima, Medio Ambiente y Planificación*. Ed. Síntesis S.A., Madrid, 285 pp.
- FONT, L. (1983): *Climatología de España y Portugal*. INM, Madrid, 296 pp.
- KARL, T.R.; NICHOLLS, N. & GREGORY, J. (2001): «El clima que viene». *Investigación y Ciencia*, **Temas 26**: 90-96.
- KORTH, H.; SILBERSCHATZ, A. (1993): *Fundamentos de Bases de Datos*. Ed. Mcgraw Hill.

- LÓPEZ BERMÚDEZ, F.; RUBIO RECIO, J.M. & CUADRAT, J.M. (1992): *Geografía Física*. Ed. Cátedra. Madrid, 594 pp.
- MITJÁ, A.; BATALLA, E. (1982): *Manual de Radiación Solar*. U. Politécnica de Barcelona, Barcelona. 137 pp.
- REVELLE, R. (2001): «Un clima cambiante». *Investigación y Ciencia*. **Temas 26**, 58-68.
- SNHEIDER, S.H. (2001): «Un clima cambiante». *Investigación y Ciencia*. **Temas 26**, 47-57.

