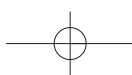
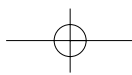
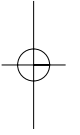
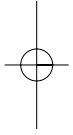
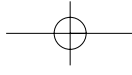
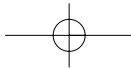


Volumen 22 (1997) 1999  
Sección **BIOLOGÍA AMBIENTAL**, 11







ANALES DE BIOLOGÍA, 22 (Biología vegetal, 11) (1997) 1999: 137-152  
SERVICIO DE PUBLICACIONES - UNIVERSIDAD DE MURCIA

## EL CLIMA DE LA SIERRA DE CARTAGENA (SE. DE ESPAÑA): VARIACIONES ESPACIO-TEMPORALES A DIFERENTES ESCALAS

D. Ferrer Castán\*; M. A. Esteve Selma\* & A. Torres Martínez\*\*

Recibido: 2 marzo 1995  
Aceptado: 10 octubre 1998

### SUMMARY

#### Climate of the Sierra de Cartagena (SE Spain): spatial and temporal variation at different scales

In this article, both the spatial variation and the temporal fluctuation in the climate of the Sierra de Cartagena (SE Spain) are analyzed at different scales. The time interval studied includes the years 1946-1992. The results showed a gradient of precipitation and temperature along the mountain range of Cartagena. They also revealed an alternation between moist and dry periods both at seasonal and larger time scales (along cycles of about 20 years), in spite of the marked temporal fluctuation in rainfall. With regard to temperature, the data set analyzed in this study does not enable us to say that a climatic change towards warmer conditions is occurring.

**Key words:** Coastal environments, environmental gradients, Mediterranean-type climate, semi-arid.

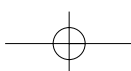
### RESUMEN

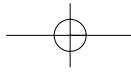
Se analizan las variaciones espaciales y las fluctuaciones temporales del clima de la sierra de Cartagena (SE de España) a diferentes escalas. El intervalo de tiempo estudiado comprende los años 1946-1992. Los resultados obtenidos mostraron la existencia de un gradiente de precipitación y temperatura a lo largo de la cadena montañosa de Cartagena. También pusieron de manifiesto la alternancia de períodos más húmedos y períodos más secos tanto a nivel estacional como a escalas temporales de mayor amplitud (a lo largo de ciclos de unos 20 años aproximadamente), a pesar de las acusadas fluctuaciones temporales en la distribución de las lluvias. Con respecto a las temperaturas, los datos analizados en este estudio no permiten afirmar que se esté produciendo un cambio climático tendente a un calentamiento.

**Palabras clave:** Ambientes costeros, clima mediterráneo, gradientes ambientales, semiárido.

\* Área de Ecología. Facultad de Biología. Universidad de Salamanca. C/ Espejo s/n. 37008 Salamanca

\*\* Departamento de Ecología e Hidrología. Facultad de Biología. Universidad de Murcia. Campus Universitario de Espinardo. 30100 Murcia.





## INTRODUCCIÓN

El clima del entorno de Cartagena (SE de España) es de tipo mediterráneo cálido con acusado período seco en los meses de estío; con precipitaciones escasas desigualmente repartidas a lo largo del año y, a veces, de carácter torrencial. Ha sido estudiado en varias ocasiones por NEUMANN (1960), ESTEVE CHUECA (1973), DE LEÓN *et al.* (1974), ALÍAS & ORTIZ (1975), SAURA & FERRERAS (1976), ALBALADEJO & DÍAZ (1982), MARTÍN DE AGAR (1983), CAPEL (1986) y CONESA (1990), entre otros; pero en general, se ha hecho referencia más al clima del Campo de Cartagena que al de la sierra propiamente dicha. Una excepción en este sentido son los trabajos de GIL MESEGUER (1987) y MONTANER (1991) que, aunque centraron sus investigaciones en Águilas y Mazarrón, al Suroeste de Cartagena, sí tuvieron en consideración las condiciones climáticas de la mitad occidental de esta cadena montañosa.

NEUMANN (1960), en su estudio del clima de todo el Sureste español, incluyó el territorio de Cartagena en una provincia climática homogénea extendida desde Alicante hasta Águilas. Según este investigador, dicha provincia se caracterizaba por unas lluvias escasas (240-300 mm anuales) y una temperatura media anual superior a los 17°C. DE LEÓN *et al.* (1974) pusieron de manifiesto la existencia de un gradiente de aridez, con registros máximos de precipitación anual media —mayores de 300 mm— en el extremo oriental de la sierra de Cartagena (área de Cabo de Palos), y mínimos —inferiores a 200 mm— en la parte occidental (vertientes meridionales de la sierra de la Muela y Cabo Tiñoso). SAURA & FERRERAS (1976) situaron el límite de los 300 mm en la ciudad de Cartagena y, posteriormente, ALBALADEJO & DÍAZ (1982) lo desplazaron hacia el Oeste, a la rambla del Portús. Estos últimos diferenciaban dos zonas homoclimáticas separadas entre sí por la cota de 300 mm.

CAPEL (1986) propuso un gradiente pareci-

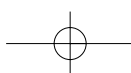
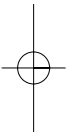
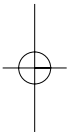
do para el período 1951-1980, con máximos entre 350 y 400 mm en Cabo de Palos, y mínimos de 200 a 250 mm en la sierra de la Muela y Cabo Tiñoso; el límite de los 300 mm coincidía, según este autor, con el propuesto por SAURA & FERRERAS (1976). GIL MESEGUER (1987), abarcando el mismo período que CAPEL (1986), hizo pasar una isoyeta de 200 mm por el centro de Cabo Tiñoso y señaló que, en su parte más meridional, los valores medios de precipitación anual no alcanzaban los 150 mm. Por otra parte, y utilizando un intervalo idéntico (1951-1980), CONESA (1990) establecía unos rangos de variación más estrechos entre los dos extremos del gradiente (de 325 a 275 mm). MONTANER (1991) volvió a situar la isoyeta de 300 mm en la rambla del Portús y circunscribió al área de Cabo Tiñoso en el intervalo de 250 a 275 mm (años 1958-1988).

El objetivo de este trabajo fue la revisión y el análisis tanto de las variaciones espaciales como de las fluctuaciones temporales del clima de la sierra de Cartagena a diferentes escalas. El período considerado comprende los años 1946-1992.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La sierra de Cartagena es la cadena montañosa más oriental de la Región de Murcia (Sureste ibérico). Está dispuesta de Este a Oeste junto al mar Mediterráneo a lo largo de 44 Km (escala 1:50.000), aproximadamente comprendidos entre Cabo de Palos y la Punta de la Azohía (37°32' - 37°38'N; 0°41' - 1°11'W), y abarca todo el conjunto de macizos montañosos y sierras menores que constituyen el borde meridional de la llanura neógeno-cuaternaria del Campo de Cartagena.

Existen varias estaciones meteorológicas en las proximidades del tramo montañoso oriental (Figura 1): Salinas de Cabo de Palos, San Javier Aeródromo, El Algar; en ellas, el período de años registrado es considerable y las series de datos, continuas (Fig. 1).



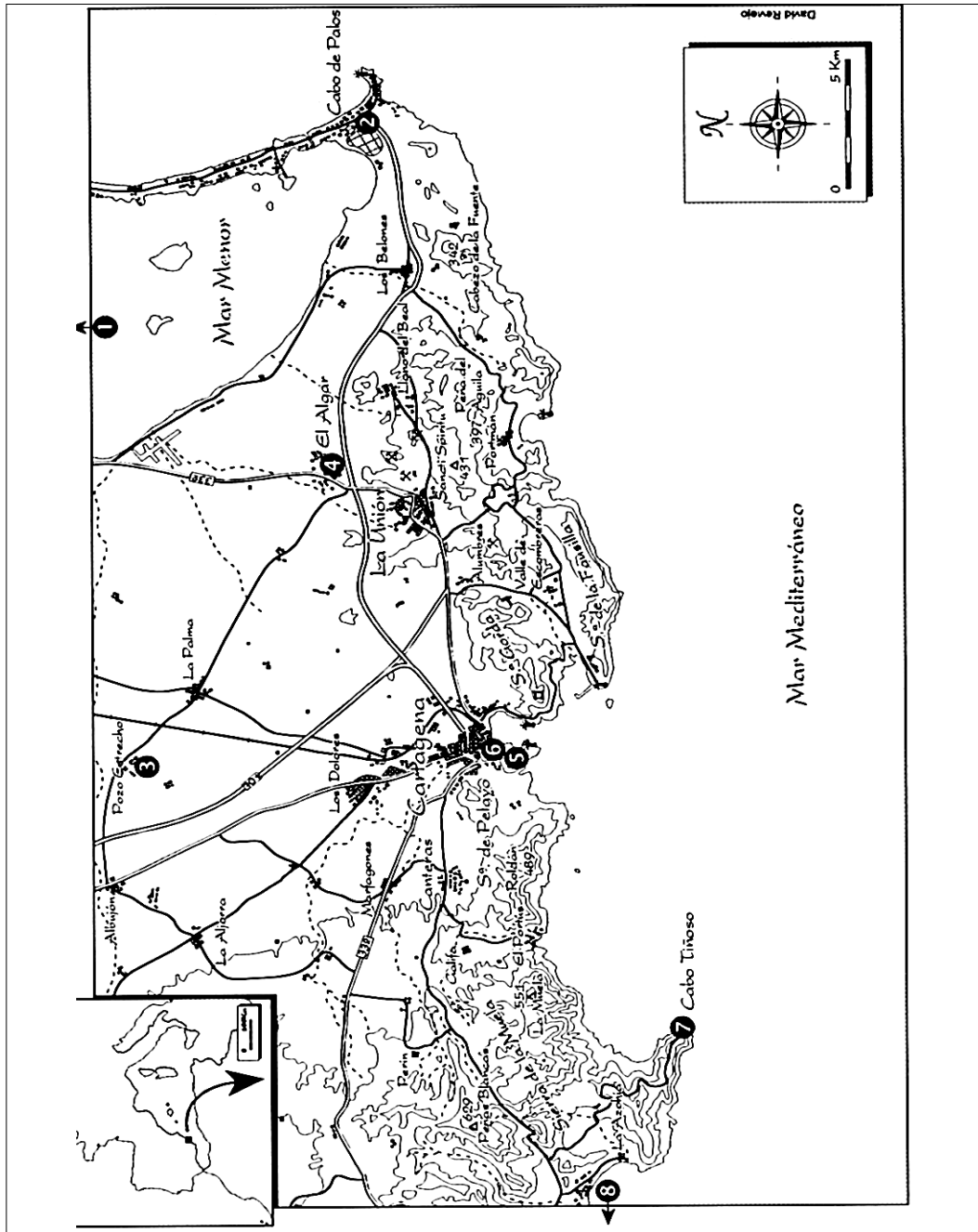
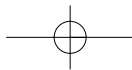


FIGURA 1. Localización de las estaciones meteorológicas más cercanas a la sierra de Cartagena: 1, San Javier Aeródromo; 2, Salinas de Cabo de Palos; 3, Pozo Estrecho; 4, El Algar; 5, Cartagena Castillo Galeras; 6, Cartagena Puerto; 7, Cabo Tiñoso, y 8, Puerto de Mazarrón.

Location of the nearest meteorological stations to the Sierra de Cartagena.



Por el contrario, no hay ninguna estación ubicada en la mitad occidental de la sierra de Cartagena que abarque un número suficiente de años con registros continuos –según las recomendaciones de la O.M.M. (véase CONESA, 1990), el intervalo de tiempo a tener en consideración debería poseer, como mínimo, 30 años seguidos–. Así, se tuvo que recurrir a los datos procedentes de las estaciones de Cabo Tiñoso y Puerto de Mazarrón, ambas cerradas en la actualidad, a pesar de que sus series son muy cortas y poseen frecuentes interrupciones.

En la parte central del área, con los observatorios de Pozo Estrecho, Cartagena Puerto y Castillo de Galeras, entre otros de reciente creación, la situación era intermedia. La estación Cartagena Puerto, creada en los últimos años del reinado de Alfonso XII (1883), es una de las más antiguas de la Región de Murcia (CONESA, 1990), pero presenta interrupciones durante amplios períodos de tiempo y es sólo a partir de 1968 cuando empieza a obtener series de datos continuas.

Para la caracterización del clima en cada una de las estaciones seleccionadas se elaboraron diagramas climáticos de acuerdo con WALTER (1973): bajo el nombre de cada estación se indicaron los valores de altitud (msm), temperatura media anual (°C), precipitación anual media (mm), y el número de años de observación (si hay dos cifras, la primera se refiere a la temperatura y la segunda, a la precipitación). A la izquierda de cada diagrama se presentaron en °C, de arriba a abajo, la temperatura máxima registrada, la media de las temperaturas máximas del mes más cálido, la media de las mínimas del mes más frío y la temperatura mínima observada. Los meses con mínimas absolutas por debajo de 0°C se señalaron con un rayado oblicuo. Las temperaturas medias mensuales se representaron en relación con el eje de ordenadas izquierdo, y las precipitaciones mensuales, con respecto al derecho. Los períodos relativamente húmedos se destacaron con un rayado vertical, y los relativamente secos mediante un punteado.

La aplicación de técnicas multivariantes

**TABLA 1**

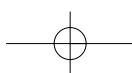
Estación meteorológica	Latitud	Longitud	Altitud (msm)	Período de años
San Javier Aeródromo	37°47'N	00°48'W	3	1946-1992
Salinas de Cabo de Palos	37°38'N	00°43'W	1	1946-1992
Pozo Estrecho	37°42'N	00°59'W	50	1946-1992
El Algar	37°38'N	00°52'W	40	1946-1992
Cartagena Castillo Galeras	37°35'N	00°59'W	217	1968-1992
Cartagena Puerto	37°35'N	00°59'W	14	1968-1992
Faro de Cabo Tiñoso	37°32'N	01°06'W	160	1955-1963 (*) 1946-1963 (**)
Puerto de Mazarrón	37°33'N	01°18'W	0	1974-1990

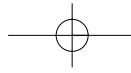
(\*) Años en los que se midieron temperaturas

(\*\*) Años en los que se midieron precipitaciones

TABLA 1. Localización de las estaciones meteorológicas seleccionadas para caracterizar el clima de la sierra de Cartagena, y período de años estudiado.

Location of the meteorological stations selected for describing the climate of the Sierra de Cartagena, and time interval studied.





suele ser de gran utilidad para analizar variaciones espaciales y temporales tanto del clima como de otros factores (véase, por ejemplo, la revisión de FERRER CASTÁN, 1994). Pero las graves deficiencias de las series de datos disponibles sobre la mitad occidental de la sierra de Cartagena llevaron, finalmente, a desechar su utilización en este caso. Nótese que para las precipitaciones, el período de solapamiento entre las estaciones de la mitad oriental y las de Puerto de Mazarrón y Cabo Tiñoso (Tabla 1) es de sólo 17 y 18 años respectivamente, sin tener en cuenta las discontinuidades de las series recogidas en estas últimas estaciones. Con respecto a las temperaturas, la serie de Puerto de Mazarrón únicamente recoge 10 años completos, y la de Cabo Tiñoso tan sólo 5. Por otra parte, el solapamiento entre las series de datos de estos dos observatorios es nulo.

Para el análisis de las fluctuaciones temporales, y de acuerdo con LINÉS ESCARDÓ (1989), se representaron gráficamente los promedios móviles a cinco años y los totales anuales de precipitación, así como las temperaturas medias anuales con respecto al tiempo. En el

caso de las precipitaciones, se consideraron los observatorios meteorológicos con series de datos más largas. Con respecto a las temperaturas, únicamente se muestran las obtenidas para las estaciones correspondientes al tramo central de la sierra de Cartagena. Por otro lado, se examinaron las fluctuaciones mensuales de la humedad relativa del aire a las 7 y las 13 horas en el período comprendido entre septiembre de 1989 y agosto de 1992 (las diferencias de humedad entre estas horas se compararon estacionalmente mediante un test de la *t*). Asimismo, se consideraron las variaciones en la radiación global media diaria incidente en el área a lo largo de ese mismo intervalo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Variaciones espaciales

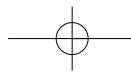
Los climodiagramas correspondientes al período 1946-1992 (Figura 2) reflejan una variación espacial en el reparto de las precipitaciones anuales medias que coincide con la propuesta por CAPEL (1986), con máximos en

TABLA 2

Estación meteorológica	1946 - 1992			1946 - 1963			1968 - 1992			1974 - 1990		
	M.	S.D.	C.V.	M.	S.D.	C.V.	M.	S.D.	C.V.	M.	S.D.	C.V.
San Javier Aeródromo	333,7	142,1	42,6	315,4	111,3	35,3	355,6	164,9	46,4	345,2	171,9	49,8
Salinas Cabo de Palos	349,5	168,7	48,3	405,7	187,2	46,2	300,1	145,9	48,6	273,0	136,2	49,9
Pozo Estrecho	301,1	113,3	37,6	301,2	96,4	32,0	308,9	126,2	40,8	279,0	115,3	41,3
El Algar	332,3	157,0	47,2	306,0	151,1	49,4	377,2	149,2	39,6	380,7	156,3	41,1
Cartagena C. Galeras	-	-	-	-	-	-	259,7	91,0	35,0	243,7	90,8	37,2
Cartagena Puerto	-	-	-	-	-	-	329,2	119,4	36,3	295,8	118,3	40,0
Faro de Cabo Tiñoso	-	-	-	148,3	62,0	41,8	-	-	-	-	-	-
Puerto de Mazarrón	-	-	-	-	-	-	-	-	-	218,5	87,6	40,1

TABLA 2. Precipitación anual registrada en las estaciones meteorológicas del entorno de Cartagena en distintos períodos de observación. M=media; S.D.=desviación típica; C.V.= coeficiente de variación (%).

Annual precipitation at the meteorological stations from the surroundings of Cartagena by considering different time intervals. M=mean; S.D.=standard deviation; C.V.=coefficient of variation (%).



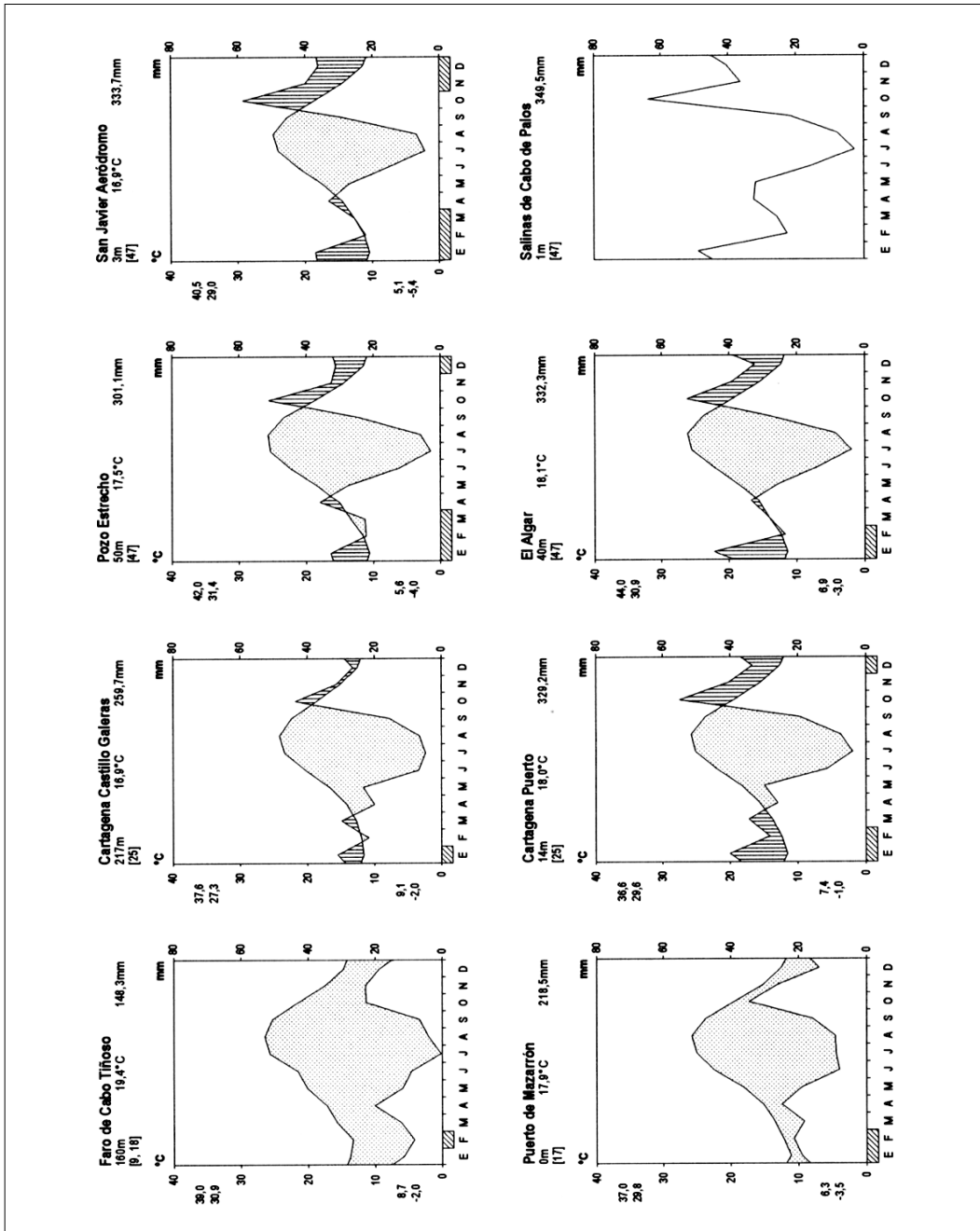
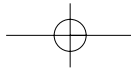
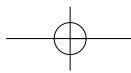
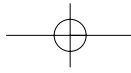


FIGURA 2. Diagramas climáticos basados en los datos de temperatura y precipitación media mensual de las estaciones meteorológicas más próximas a la sierra de Cartagena, de acuerdo con Walter (1973). (Explicaciones en el texto)

Climate diagrams based on monthly mean temperature and precipitation from the nearest meteorological stations to the Sierra de Cartagena, according to Walter (1973). (Explanations in the text)







el extremo oriental de la sierra de Cartagena en torno a los 350 mm y mínimos de 200-250 mm en la porción occidental.

No obstante, los casos de Cabo Tiñoso y Puerto de Mazarrón deben ser admitidos, cuando menos, con cautela, ya que tal como se ha indicado sus series de datos son muy cortas y, al mismo tiempo, las medias de pluviosidad anual relativas a cada una de las estaciones en distintos intervalos (Tabla 2) son bastantes variables: en Salinas de Cabo de Palos la media de precipitación anual en el intervalo 1946-1963 fue de unos 400 mm, mientras que en los años 1974-1990 no alcanzaba los 275 mm; en El Algar, sin embargo, ocurría lo contrario, al ser mayor la pluviosidad anual media de 1974-1990 que la de 1946-1963. Las precipitaciones anuales medias correspondientes a la porción oriental en los años 1946-1963 doblaron, casi triplicaron, a la media de precipitación anual de Cabo Tiñoso; en el intervalo 1974-1990, las diferencias con la de Puerto de Mazarrón no fueron tan extremas.

Pero por otra parte, si se utilizaban series con deficiencias comparables a las de la serie de Puerto de Mazarrón, los valores medios de precipitación anual obtenidos para todos los observatorios eran más altos que los calculados a partir de series completas. Ponderando las proporciones entre las medias de series completas e incompletas correspondientes a las estaciones con registros continuos, la precipitación anual media deducida para Puerto de Mazarrón en el período 1974-1990 era de 208,4 mm.

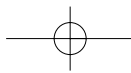
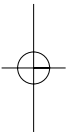
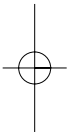
No se puede asegurar que los acusados rasgos de aridez observados en el extremo occidental de la sierra de Cartagena durante lapsos de tiempo tan cortos sean persistentes a escalas temporales de mayor amplitud. Las diferencias detectadas en el tramo comprendido entre Cabo de Palos y Castillo de Galeras (Oeste de Cartagena) son, no obstante, mayores que las propuestas por CONESA (1990) para todo el territorio. Por otra parte, hay que tener en cuen-

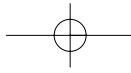
ta que al Suroeste de Mazarrón, en la porción más meridional de la Región de Murcia, las precipitaciones anuales medias son aún más exiguas –inferiores a los 200 mm– (CAPEL, 1986; GIL MESEGUER, 1987; MONTANER, 1991), hasta el punto de constituir una de las zonas donde se registran los mínimos pluviométricos de la Península Ibérica (RIVAS MARTÍNEZ, 1987).

El margen de variación existente desde el extremo oriental de la sierra de Cartagena hasta el extremo occidental puede parecer pequeño en términos absolutos, y carente de interés desde un punto de vista ambiental y paisajístico. Sin embargo, cabe señalar que de acuerdo con RIVAS MARTÍNEZ (1987), es en el rango de precipitaciones anuales medias de 200 a 350 mm –ombroclima semiárido– donde se encuentra el límite inferior del bosque esclerófilo mediterráneo. En el contexto de la Región de Murcia, CHAPARRO (1996) ha situado este ecotono forestal en el intervalo de 280 a 400 mm. En otras partes del mundo donde confluyen varios biomas, se ha establecido que el límite entre unos y otros tiene lugar en el umbral de los 370 mm (véase GOSZ & SHARPE, 1989).

BASANTA & GARCÍA NOVO (1986), ALCARAZ & PEINADO (1987) y PEINADO *et al.* (1992), han resaltado la importancia de las precipitaciones ocultas o criptoprecipitaciones, y la elevada humedad ambiental existente en las zonas costeras del Sureste ibérico. Según estos investigadores, dichos factores pueden ocasionar importantes descensos en los valores de evapotranspiración y, al mismo tiempo, permitir que las disponibilidades hídricas para la cubierta vegetal sean mayores que las observadas a partir de datos pluviométricos.

Mediciones efectuadas en la vecina provincia de Almería revelaron que las aportaciones de rocío suponían el 13% de las precipitaciones por lluvia –período 1986-1987 (GIRÁLDEZ *et al.*, 1989; véase también MARTÍNEZ DE AZAGRA & NAVARRO HEVIA, 1996)–. En la costa septentrional de California, con infrecuentes lluvias estivales, AZEVEDO & MORGAN (1974) recogie-





ron 1230 mm de agua en 28 días de niebla (verano de 1971), a 475 m de altitud –en este caso, las nieblas se originaban tras la puesta de sol y antes de medianoche, y se prolongaban hasta poco después del amanecer.

Se desconoce la cantidad de agua de niebla y rocío que podría recogerse en la sierra de Cartagena, aunque estimaciones conservadoras realizadas por CHAPARRO (1996) mediante técnicas indirectas (análisis de los valores residuales de modelos lineales generalizados) sugieren que ésta debe ser, como mínimo, de unos 30 mm anuales. También se ignora cómo varían las condiciones de humedad ambiental a lo largo de la cadena montañosa costera. Sin embargo, es indudable que dichos factores pueden incidir en el gradiente de pluviosidad introduciendo matices que, probablemente, tendrán más importancia a un nivel microclimático (FERRER CASTÁN, 1994).

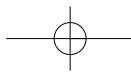
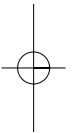
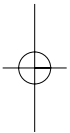
Con respecto a las temperaturas de la zona de estudio, la mayoría de los investigadores han destacado su suavidad y han evidenciado un ligero gradiente térmico paralelo al de precipitaciones, de tal manera que el extremo relativamente más frío –con una temperatura media anual en torno a los 17°C– coincide con el más lluvioso (área de Cabo de Palos); hacia el Oeste, las condiciones climáticas son progresivamente más cálidas –temperatura media anual mayor de 18°C– y, al mismo tiempo, más áridas. CONESA (1990) también ha propuesto la existencia de gradientes térmicos en función de la altitud, con medias más bajas –inferiores a 16°C– en las zonas topográficamente más elevadas (Peñas Blancas, sierra de la Muela, parte central de Cabo Tiñoso, sierra de La Unión y Peña del Águila), y promedios más altos –mayores de 18°C– al nivel del mar (ver más adelante).

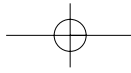
En el período 1946-1992 (Figura 2), la estación meteorológica que registró las temperaturas más bajas fue la de San Javier (temperatura media anual de 16,9°C, media de las mínimas del mes más frío de 5,1°C, período de meses

con heladas de noviembre a marzo). El observatorio Salinas de Cabo de Palos es únicamente pluviométrico; pero si se tiene en cuenta la proximidad al mar, cabe considerar que las condiciones térmicas del extremo oriental de la sierra de Cartagena sean más benignas que las reflejadas en El Algar, puesto que al aumentar la distancia a la costa, tanto de Este a Oeste como de Sur a Norte, los parámetros climáticos adquirirían rasgos más continentales: medias de las máximas del mes más cálido más altas, medias de las mínimas del mes más frío más bajas, etc. (compárense para ello los valores alcanzados en El Algar y el puerto de Cartagena con los obtenidos en Pozo Estrecho; véase también CAPEL, 1986).

El régimen térmico del puerto de Cartagena resultó ser más suave que el de San Javier y El Algar, pero no está tan clara la existencia de diferencias comparables en la mitad occidental de la cordillera costera. Por un lado, la serie de Cabo Tiñoso es extremadamente corta y muy incompleta; por otro, había grandes similitudes entre las temperaturas de Cartagena Puerto y Puerto de Mazarrón. Al mismo tiempo, se apreciaron ciertas discrepancias entre los observatorios de Cartagena que, de acuerdo con CONESA (1990), estarían ocasionadas por diferencias de altitud, y los mayores desniveles topográficos se presentan en el tramo occidental: la temperatura media anual fue más alta en Cartagena Puerto que en el Castillo de Galeras –según los datos procedentes de estos observatorios se producía un descenso de 0,54°C cada 100 m conforme aumentaba la altitud–, a pesar de que en la primera de estas estaciones la media de las mínimas fue más baja y el período con posibilidad de heladas, más largo. Ello podía ser debido a fenómenos de inversión térmica (MARTÍN DE AGAR, 1983), frecuentes en esta localidad.

La temperatura del aire es influida por la radiación solar incidente, y ambos factores, a su vez, afectan conjuntamente a las tasas de evapotranspiración (GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, 1963; AUSTIN *et al.* 1984; DARGIE, 1987). A una





misma latitud pueden observarse variaciones en la densidad de flujo de radiación solar que dependen de la orientación, la pendiente del terreno y la altitud, entre otros factores (DUBAYAH, 1994). A 38°00' de latitud Norte, la densidad de flujo de radiación solar potencial varía desde unas 100 kcal cm<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup> en los ambientes umbríos más resguardados hasta las 300-325 kcal cm<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup> en las solanas más expuestas (FRANK & LEE, 1966, *in* DARGIE, 1984).

Los cálculos de la evapotranspiración potencial realizados por ALÍAS & ORTIZ (1975), GIL MESEGUER (1987), CONESA (1990) y MONTANER (1991), y basados exclusivamente en datos de temperatura según el método de Thornthwaite, mostraron que, para la mitad occidental del área de estudio, ésta era unas tres veces superior a los valores de precipitación anual media, mientras que para el extremo occidental (estación de Cabo Tiñoso), la evapotranspiración potencial era hasta cuatro veces mayor que la precipitación recogida (véase MONTANER, 1991) o, incluso, podía sobrepasarla hasta en siete veces (GIL MESEGUER, 1987). No obstante, sería recomendable la realización de estudios experimentales sobre balances de precipitación y evapotranspiración a lo largo de la sierra, con el objeto de caracterizar adecuadamente las disponibilidades hídricas reales.

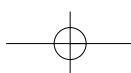
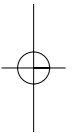
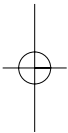
### Fluctuaciones temporales

La representación gráfica de los totales de precipitación anual con respecto al tiempo puso de manifiesto la existencia de fuertes fluctuaciones interanuales (Figura 3; véase también LÓPEZ BERMÚDEZ, 1972). Estas oscilaciones fueron particularmente acusadas en Salinas de Cabo de Palos, con máximos de hasta 843 mm (altura alcanzada en 1957) y mínimos de sólo 98 mm, correspondientes a 1984. Los coeficientes de variación obtenidos para este observatorio en diferentes períodos (Tabla 2) fueron mayores del 45%.

Comparativamente, las variaciones interanuales resultaron ser más altas en la mitad oriental del área de estudio que en la occidental (Tabla 2): en el período 1968-1992, los coeficientes de variación (C.V.) oscilaron entre el 39,6% de El Algar y el 48,6% de Cabo de Palos, mientras que en Cartagena Puerto y en el Castillo de Galeras dicho coeficiente se situó en torno al 35%; en el intervalo 1974-1990, la distribución interanual de las lluvias también fue más variable en las estaciones del extremo oriental (San Javier y Cabo de Palos; C.V. próximo al 50%) que en Puerto de Mazarrón (C.V. del 40%).

Las fluctuaciones temporales se superponen a las variaciones espaciales creando heterogeneidad, y pueden ser interpretadas como un régimen de perturbación que incide en la organización de las comunidades naturales, especialmente diversas en este sector de la costa murciana. La heterogeneidad existente en el área podría enmascarar el gradiente longitudinal de precipitación, ya que hace posible que en determinadas localidades coexistan muy próximas entre sí comunidades tan dispares como los carrascales con palmito y los matorrales ibero-norteafricanos de cornical (más detalles sobre estas comunidades en ALCARAZ & PEINADO, 1987; RIVAS MARTÍNEZ, 1987; PEINADO *et al.*, 1992, y FERRER CASTÁN, 1994).

Pero por otro lado, resultó patente (Figura 3) la alternancia cíclica de períodos relativamente lluviosos y períodos más secos, especialmente en San Javier y en Pozo Estrecho. La amplitud de estos ciclos fue de unos 20 años aproximadamente. Con los datos disponibles se puso en evidencia además que, durante los períodos más secos, los mínimos de precipitación eran similares en la mayoría de las estaciones (en 1961, por ejemplo, en Cabo de Palos se recogieron unos 127 mm; en San Javier, 84; en El Algar, 76 y en Cabo Tiñoso, 72), mientras que en los años más lluviosos se acentuaban las diferencias entre los extremos del gradiente.



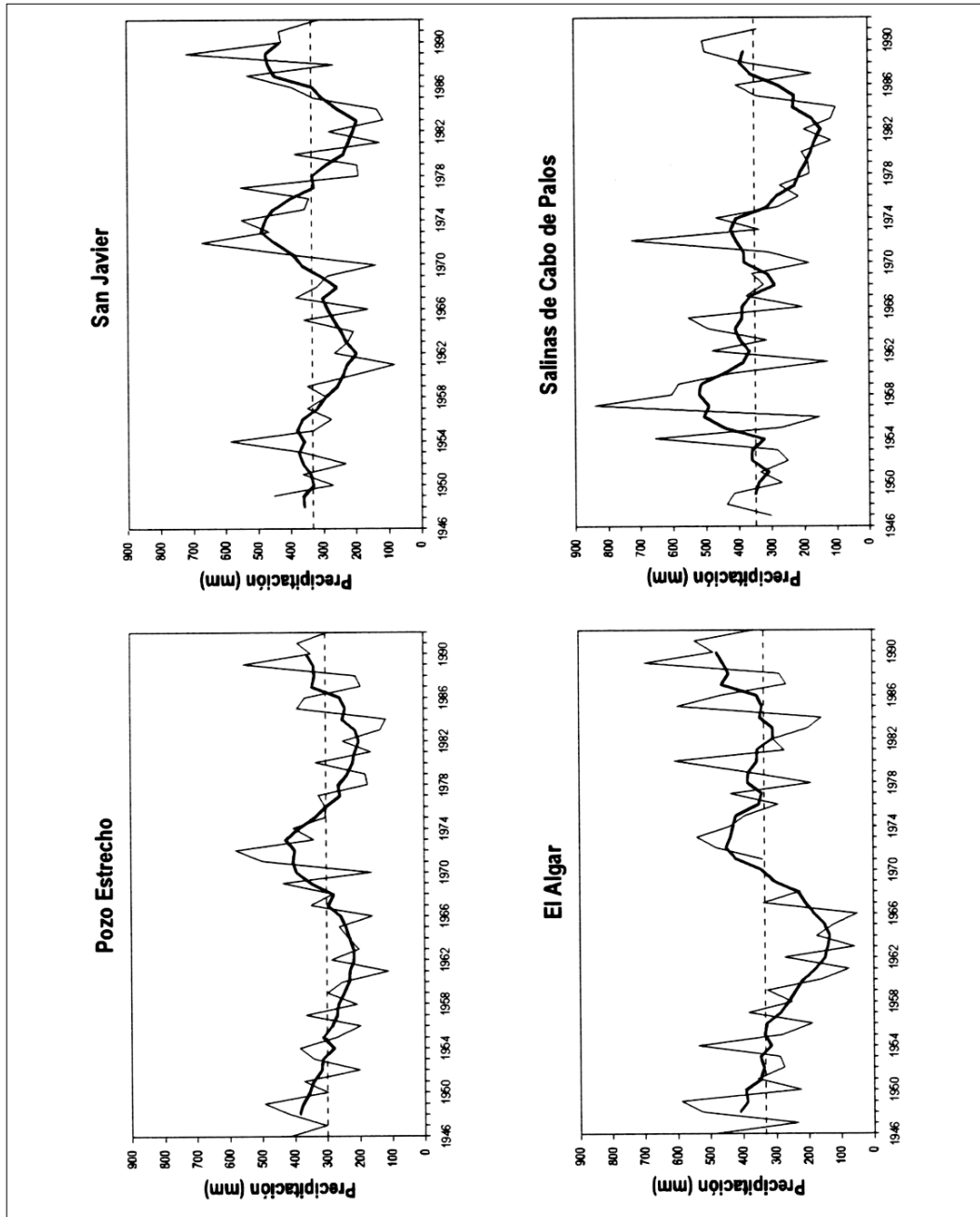
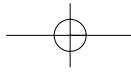
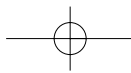
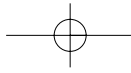


FIGURA 3. Precipitaciones anuales (línea fina), promedios móviles a 5 años (línea gruesa) y precipitación anual media (en punteado) de Pozo Estrecho, San Javier, El Algar y Salinas de Cabo de Palos (1946-1992).

Annual precipitation (fine line), moving averages for every 5 years interval (heavy line) and mean annual precipitation (dotted line) at Pozo Estrecho, San Javier, El Algar and Salinas de Cabo de Palos (1946-1992).





Así, en 1954, la lluvia recogida en el observatorio de Cabo de Palos alcanzó 656 mm de altura; en San Javier, 586 y en El Algar, 536; en Cabo Tiñoso, por el contrario, sólo se recogieron 153 mm.

A una escala de tiempo estacional, todos los climodiagramas (Figura 2) mostraron un predominio de las precipitaciones en octubre, enero y abril (o marzo, en los observatorios de Cartagena), y una ausencia casi total de lluvias durante el estío. Asimismo, revelaron la existencia de un período relativamente seco en los meses de febrero y marzo, si se exceptúa el caso de la mencionada ciudad portuaria. Los climodiagramas correspondientes a Cabo Tiñoso y Puerto de Mazarrón resultaron ser comparables a los obtenidos en algunas zonas áridas del mundo por el hecho de presentar un punteado continuo a lo largo de todo el año (véase WALTER, 1973). En cualquier caso, cabe destacar que buena parte de las precipitaciones anuales registradas en el área pueden producirse en unos pocos días en forma de grandes aguaceros, especialmente en el otoño (LÓPEZ BERMÚDEZ, 1972; CAPEL, 1986; GIL MESEGUER, 1987).

La humedad relativa media de San Javier Aeródromo —única estación completa de todas las consideradas donde se registran datos de estas características—, en el período comprendido entre septiembre de 1989 y agosto de 1992, fue de un 74,8%; las medias mensuales correspondientes a las 13 horas fueron mayores del 50% durante los tres ciclos anuales considerados, y las de las 7 horas fluctuaron entre un 69 y un 90% (Figura 4). Las diferencias de humedad relativa entre las 7 y las 13 horas en los períodos de abril a agosto fueron de un 10,5% por término medio; en los intervalos de septiembre a marzo, estas diferencias aumentaban de forma significativa ( $p < 0,001$ ) hasta un 17,5% de promedio, dando lugar a una variación rítmica de carácter estacional.

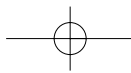
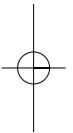
Las fluctuaciones térmicas interanuales (Figura 5) no fueron tan fuertes como las

observadas en el caso de las precipitaciones. Las temperaturas medias anuales de la estación de Pozo Estrecho, cuya serie se completó a partir de los valores medios correspondientes a El Algar mediante una regresión lineal ( $R^2=0,57$ ;  $p < 0,001$ ), mostraron un elevado grado de coincidencia con las medias del puerto de Cartagena, aunque en la primera de ellas las medias de las máximas del mes más cálido eran más altas y las mínimas del mes más frío más bajas, tal como se ha indicado anteriormente.

No se dispone para el entorno de Cartagena de series de datos lo suficientemente largas como para tratar de las posibilidades de un cambio climático. Con respecto a la serie de temperaturas medias anuales de Pozo Estrecho se puede considerar que desde 1946 hasta 1974, éstas se situaron por debajo de los 17,5°C (Figura 5); a partir de 1974 las medias anuales alcanzaron valores progresivamente mayores, observándose una tendencia al aumento hasta 1989 —año en el que se registró el valor máximo, de 18,7°C—. En los años posteriores, sin embargo, se produjo un nuevo descenso de los promedios anuales y dicha tendencia desapareció. Estos resultados coinciden con los presentados por KULLMAN (1994) a partir de datos obtenidos por satélite para el hemisferio Norte.

Como era de esperar, todos los años se presentó una variación estacional de temperaturas (Figura 2). El mes más cálido en todas las estaciones meteorológicas fue agosto; el más frío fue enero, aunque en Cabo Tiñoso resultó ser más frío el mes de febrero. El número de días al año con probabilidad de heladas fue bajo en toda la zona. De 1968 a 1992, éstas se registraron el 88% de los años en San Javier, un 20% de ellos en Cartagena Puerto, y una sola vez en el Castillo de Galeras (enero de 1985).

La irradiancia global media diaria cuantificada en el Centro Meteorológico Zonal de Murcia-Guadalupe, a 38°00' de latitud Norte (período comprendido entre septiembre de



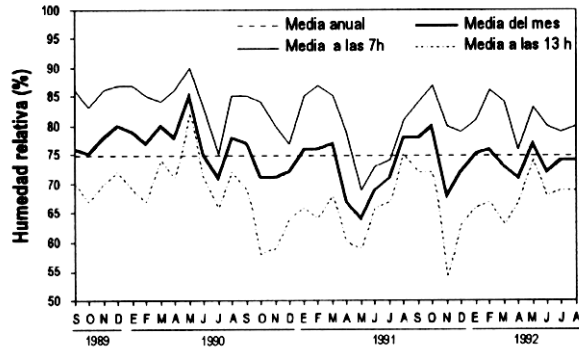
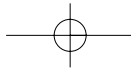


FIGURA 4. Humedad relativa del aire (%) en San Javier (septiembre 1989 - agosto 1992).  
Relative air moisture (%) at San Javier (September 1989 - August 1992).

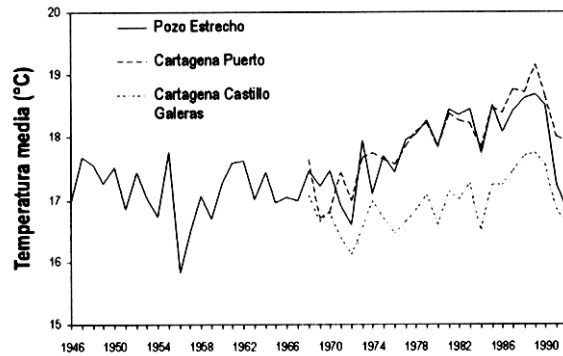


FIGURA 5. Fluctuaciones de la temperatura media anual registrada en los observatorios de Pozo Estrecho, Cartagena Castillo Galeras y Cartagena Puerto (1946-1992).  
Annual mean temperature fluctuation at Pozo Estrecho, Cartagena Castillo Galeras y Cartagena Puerto (1946-1992).

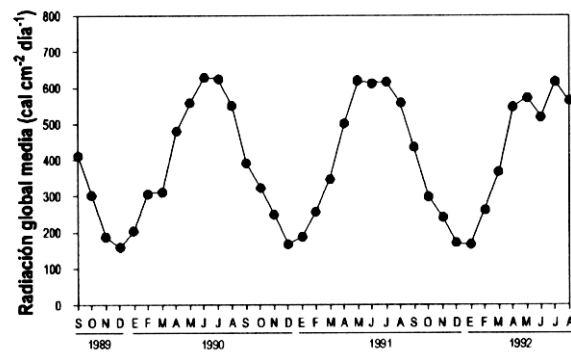
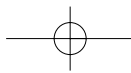
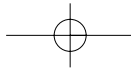


FIGURA 6. Irradiancia global media diaria en Murcia Guadalupe ( $\text{cal cm}^{-2} \text{ día}^{-1}$ ), septiembre de 1989 - agosto de 1992. (Datos del Centro Meteorológico Zonal de Murcia)  
Mean daily global radiation at Murcia Guadalupe ( $\text{cal cm}^{-2} \text{ day}^{-1}$ ), September 1989 - August 1992. (Data from the Centro Meteorológico Zonal de Murcia)





1989 y agosto de 1992), osciló entre 158-171 cal cm<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup> en el mes de diciembre, y 520-628 cal cm<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup> de mayo a agosto (Figura 6). La media diaria más alta en los tres años considerados se registró en julio (620,3 cal cm<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>). La media anual de dicho período fue de 143,3 kcal cm<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup>.

El viento es otro de los factores que posee gran importancia en el área. Su dirección, frecuencia e intensidad fueron estudiadas por LÓPEZ BERMÚDEZ (1970, 1982; véase también CAPEL, 1986) a partir de los datos recogidos en el semáforo de Marina del Castillo de Galeras (años 1960-1967), a una altitud de 219 m sobre el mar. Estas investigaciones mostraron el predominio en la zona de los vientos del tercer y primer cuadrantes. Los primeros, conocidos como *lebeches*, son vientos del Sur o Suroeste que proceden de África. De acuerdo con LÓPEZ BERMÚDEZ (1970, 1982), se manifiestan con especial intensidad en primavera y otoño. Los vientos del primer cuadrante provienen del Noreste y se relacionan con los temporales de *levante*; son particularmente frecuentes en marzo y de julio a octubre. En el invierno destacan los *terrales* o vientos del Noroeste; son poco frecuentes, pero fuertes, secos y fríos. Otros vientos resaltables según dicho investigador son los de componente Sureste o *sirocos*: soplan ocasionalmente, están asociados con fenómenos de calima y tormentas de polvo africano, y son extraordinariamente calientes en el verano.

## CONCLUSIONES

A lo largo de la sierra de Cartagena se presenta un gradiente de pluviosidad, con valores máximos de precipitación media (entre 350 y 400 mm anuales) en el extremo oriental de ésta y mínimos (de 200-250 mm) en el tramo occidental (período 1946-1992).

Las precipitaciones ocultas en forma de niebla o rocío son importantes en las zonas costeras y la humedad ambiental es elevada en el

área como consecuencia de la proximidad del mar: en términos relativos, el valor medio de ésta se sitúa en torno al 75% (período 1989-1992). Estos factores pueden incidir en el gradiente de pluviosidad introduciendo matices que, probablemente, tendrán más importancia a un nivel microclimático.

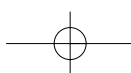
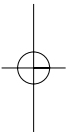
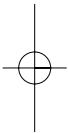
Es apreciable la alternancia de períodos más húmedos y períodos más secos tanto a nivel estacional como a escalas temporales de mayor amplitud (a lo largo de ciclos de unos 20 años aproximadamente), a pesar de que las fluctuaciones temporales en la distribución de las lluvias son muy acusadas. Estas fluctuaciones se superponen a las variaciones espaciales y crean una heterogeneidad que podría enmascarar el gradiente longitudinal de precipitación.

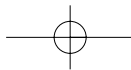
Durante los períodos más secos las diferencias de precipitación son más escasas entre los extremos de la sierra –las condiciones de aridez se generalizan, son más homogéneas a lo largo de todo el territorio–, mientras que en los años más lluviosos el gradiente longitudinal de precipitación resulta más acentuado.

Existe un ligero gradiente térmico paralelo al de precipitaciones desde el extremo oriental de la sierra de Cartagena hasta el occidental. Las áreas relativamente más frías coinciden con las más lluviosas y las más cálidas con las de mayor aridez. Este gradiente se complica como consecuencia de las anomalías altitudinales sobre todo en la mitad occidental de la cadena montañosa, que es donde se presentan los mayores desniveles topográficos.

La década de los años 80 ha constituido un período cálido si se compara con las décadas anteriores, con promedios anuales superiores a la media correspondiente al intervalo 1946-1992. Pero los datos disponibles no permiten afirmar que se esté produciendo un cambio climático tendente a un caldeoamiento.

Por otra parte, tampoco se puede asegurar que los acusados rasgos de aridez del extremo occidental de la sierra de Cartagena sean persistentes a lo largo de períodos más amplios. En





este sentido, sería muy recomendable la instalación de nuevas estaciones meteorológicas a lo largo de la sierra, particularmente en el extremo occidental, y la recogida continuada de los datos que en ellas se pudieran obtener.

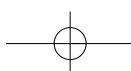
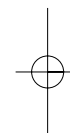
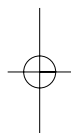
Tendría gran interés la realización de estudios experimentales acerca de los balances de precipitación y evapotranspiración a lo largo de la sierra, un análisis detallado de las variaciones microclimáticas, el estudio de los vientos en días de lluvia y la cuantificación de las precipitaciones ocultas en distintos puntos del área, así como una ampliación de la red de observatorios que permitieran obtener medidas de la radiación global incidente. De este modo podrían describirse adecuadamente las disponibilidades hídricas reales de una zona en la que se sitúa el límite inferior del bosque esclerófilo mediterráneo. El estudio combinado de estos factores junto con el seguimiento de la dinámica de la cubierta vegetal en áreas de ecotono aportaría algunas luces sobre el controvertido cambio climático y sus posibles consecuencias.

#### AGRADECIMIENTOS

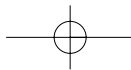
Gracias al Centro Meteorológico Zonal de Murcia, por facilitarnos el acceso a los datos meteorológicos. A Manuel Ferrer Martí, por su ayuda inestimable en la recogida y el repaso de todos los datos. Gracias también al Prof. Francisco López Bermúdez por sus comentarios sobre el clima de Cartagena, a David Reviejo, por la cuidadosa elaboración de las figuras, y al lector anónimo que revisó el manuscrito original por las amables sugerencias, que sin duda sirvieron para mejorar el artículo.

#### BIBLIOGRAFÍA

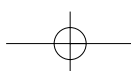
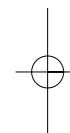
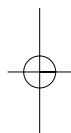
- ALBALADEJO, J. & DÍAZ, S. 1982. Zonas Homoclimáticas de la Región Murciana. *Est. Terr. (Madrid)*, 7: 71-87.
- ALCARAZ, F.J. & PEINADO, M. 1987. El Sudeste Ibérico Semiárido. In: PEINADO, M. & RIVAS MARTÍNEZ, S. (Eds.). *La Vegetación de España: 257-281*. Secretaría General - Servicio de Publicaciones, Universidad de Alcalá de Henares. Alcalá de Henares.
- ALÍAS, L.J. & ORTIZ, R. 1975. Características fisiográficas y ambientales de interés edafogenético del Campo de Cartagena (Murcia). *An. Inst. Bot. Cavanilles*, 32 (2): 1021-1037.
- AUSTIN, M.P., CUNNINGHAM, R.B. & FLEMING, P.M. 1984. New approaches to direct gradient analysis using environmental scalars and statistical curve-fitting procedures. *Vegetatio*, 55: 11-27.
- AZEVEDO, J. & MORGAN, D.L. 1974. Fog precipitation in coastal California forests. *Ecology*, 55 (5): 1135-1141.
- BASANTA, A. & GARCÍA NOVO, F. 1986. Ecosistemas degradados del S.E. de Almería: Estructura del Matorral. Proyecto LUCDEME II. *Monografías del ICONA*, 47: 35-54.
- CAPEL, J.J. 1986. El clima del territorio de Cartagena. In: MAS, J. (Dir.). *Historia de Cartagena. Vol. I. El Medio Natural*: 174-192. Mediterráneo. Murcia.
- CHAPARRO, J. 1996. *Distribución Potencial del Bosque y de sus Especies Arbóreas en Zonas Mediterráneas Semiáridas: Modelos y Aplicaciones*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.
- CONESA, C. 1990. *El Campo de Cartagena. Clima e Hidrología de un Medio Semiárido*. Secretariado de Publicaciones, Universidad de Murcia. Murcia.
- DARGIE, T.C.D. 1984. On the integrated interpretation of indirect site ordinations: a case study using semi-arid vegetation in southeastern Spain. *Vegetatio*, 55: 37-55.
- DARGIE, T.C.D. 1987. An ordination analysis of vegetation patterns on topoclimate gradients in south-east Spain. *J. Biogeogr.*, 14: 197-211.

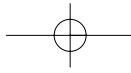






- DE LEÓN, A., FORTEZA DEL REY, M., FORTEZA DEL REY, V., DE LAS CASAS, G. & LOVERA, C. 1974. *Caracterización agroclimática de la provincia de Murcia*. Secretaría General Técnica, Ministerio de Agricultura. Madrid.
- DUBAYAH, R.C. 1994. Modeling a solar radiation topoclimatology for the Rio Grande River Basin. *J. Veg. Sci.*, 5: 627-640.
- ESTEVE CHUECA, F. 1973. *Vegetación y Flora de las Regiones Central y Meridional de la Provincia de Murcia*. CEBAS - IOATS. Murcia.
- FERRER CASTÁN, D. 1994. *Variaciones Espaciales de la Vegetación de la Sierra de Cartagena (Sureste Ibérico). El Análisis de Gradientes y los Problemas de Escala*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.
- FRANK, E.C. & LEE, R. 1966. *Potential solar beam irradiation on slopes: tables for 30° to 50° latitud*. USDA, Forestal Service. Washington.
- GIL MESEGUER, E. 1987. *Los relieves meridionales. Estudio geográfico de los relieves litorales comprendidos entre la desembocadura del río Almanzora (Almería) y la rambla de las Moreras (Murcia)*. Departamento de Geografía Física, Humana y Análisis Regional, Universidad de Murcia. Murcia.
- GIRÁLDEZ, J.V., AYUSO, J.L., CIRIA, F., FERNÁNDEZ, M., GARCÍA, A., LÓPEZ, J.G., MONTERO, J.I., ROLDÁN, J. & SEVILLA, A. 1989. Recursos hidráulicos alternativos. Algunos remedios para controlar la desertización en la cuenca mediterránea. In: LÓPEZ BERMÚDEZ, F., PARDOS, J.A. & RAMOS, A. (Coords.). *Degradación de zonas áridas en el entorno mediterráneo*: 91-104. Secretaría General Técnica - Servicio de Publicaciones, MOPU. Madrid.
- GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, F. 1963. La radiación solar y la temperatura en bioclimatología. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (B)*, 61: 305-322.
- GOSZ, J.R. & SHARPE, P.J.H. 1989. Broad-scale concepts for interactions of climate, topography, and biota at biome transitions. *Lands. Ecol.*, 3 (3/4): 229-243.
- KULLMAN, L. 1994. Climate and environmental change at high northern latitudes. *Progress Phys. Geogr.*, 18 (1): 124-135.
- LINÉS ESCARDÓ, A. 1989. Clima y cambio climático. *Seminario sobre Zonas Áridas en España*: 11-23. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Madrid.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F. 1970. El litoral del oeste de Cartagena. *Papeles Dep. Geogr. (Univ. Murcia)*, 1: 139-165.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F. 1972. Las precipitaciones en Murcia de 1862 a 1971. *Papeles Dep. Geogr. (Univ. Murcia)*, 3: 171-187.
- LÓPEZ BERMÚDEZ, F. 1982. El modelado costero de Cartagena-Mazarrón. *Est. Geogr. (Murcia)*, 37: 341-364.
- MARTÍN DE AGAR, P. 1983. *Ecología y Planeamiento Territorial: Metodología y Estudios de Casos en la Región Murciana*. Tesis doctoral. Universidad de Murcia.
- MARTÍNEZ DE AZAGRA, A. & NAVARRO HEVIA, J. 1996. *Hidrología forestal. El ciclo hidrológico*. Secretariado de Publicaciones, Universidad de Valladolid. Valladolid.
- MONTANER, M.E. 1991. *Recursos y demandas de agua en el territorio de Mazarrón-Aguilas*. Consejería de Política Territorial, Obras Públicas y Medio Ambiente, Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. Murcia.
- NEUMANN, H. 1960. El clima del Sudeste de España. *Est. Geogr. (Madrid)*, 21: 171-209.
- PEINADO, M., ALCARAZ, F.J. & MARTÍNEZ PARRAS, J.M. 1992. *Vegetation of Southeastern Spain*. Cramer. Berlín.
- RIVAS MARTÍNEZ, S. 1987. *Memoria del Mapa de Series de Vegetación de España. 1:400.000*. Publicaciones del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, ICONA. Madrid.
- SAURA, P. & FERRERAS, C. 1976. *Estudio climático de la provincia de Murcia*.





CEBAS - IOATS. Murcia.  
WALTER, H. 1973. *Vegetationszonen und Klima  
in kausaler und globaler Sicht*. Eugen

Ulmer. Stuttgart. (Trad. española: 1977.  
*Zonas de vegetación y clima*. Omega.  
Barcelona).

