

## DESCRIPCIÓN DEL MICROCLIMA EN DOS COMUNIDADES LIQUÉNICAS DEL SE SEMIÁRIDO DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

*Virginia Souza-Egipsy*  
*Leopoldo García Sancho*

### RESUMEN

El objetivo de este estudio fue describir las condiciones microclimáticas en dos comunidades líquénicas del Sureste semiárido de la Península Ibérica, una costera situada en el Barranco del Sabinar (Cabo de Gata, San José) y otra del interior, en el Barranco del Cautivo (Desierto de Tabernas, Tabernas). En el primer caso se eligieron dos líquenes saxícolas, *Xanthoria parietina* y *Parmelia pulla* desarrollados sobre rocas volcánicas andesíticas para situar en sus proximidades sensores de temperatura, radiación fotosintéticamente activa y humedad relativa. En el segundo, se estudiaron, utilizando la misma metodología, dos líquenes terrícolas que se desarrollaban sobre laderas margosas, *Diploschistes diacapsis* y *Parmelia pokornyi*. Las medidas se efectuaron de forma continua cada 20 minutos desde marzo de 1998 a febrero de 1999.

Las condiciones microclimáticas en la localidad del interior fueron más continentales que en la costa en consonancia con las condiciones macroclimáticas. La intensidad media de la radiación en la localidad del interior era menos intensa que en la costa pero el descenso en la humedad relativa fue más acusado en el interior. El color oscuro del córtex de las especies de *Parmelia* contribuyó a las altas temperaturas de los talos con fuertes intensidades luminosas, pero el microhábitat más expuesto del talo de *Diploschistes diacapsis* favoreció un aumento en la temperatura del talo en condiciones de menor radiación. *Xanthoria parietina* mostró una preferencia en exposiciones donde la humedad relativa variaba rápidamente.

**Palabras clave:** Microclima, Cabo de Gata, Desierto de Tabernas, líquenes, costras microbióticas.

### ABSTRACT

The aim of this study was to describe microclimatic conditions in two semiarid lichen communities from southeast Iberian Peninsula, one coastal situated at Barranco del Sabinar (Cabo de Gata, San José) and the other one inland at Barranco del Cautivo (Desierto de Tabernas, Tabernas). At the first locality, two saxicolous lichens,

*Xanthoria parietina* and *Parmelia pulla*, from boulders of andesitic-volcanic rocks were used to place temperature, photosynthetic photon flux density and relative humidity sensors in their vicinity. In the second locality, two terricolous lichens, *Diploschistes diacapsis* and *Parmelia pokornyi* found on marls soils from slopes were also studied with the same methodology continuously every 20 minutes from February 1998 to March 1999.

The microclimatic conditions from the inland locality were more continental than the coastal locality in agreement with macroclimatic conditions. The mean light intensity in the inland locality was less intense than in the coastal locality but the decrease of relative humidity was bigger in the inland locality. The dark colour of the parmelia species cortex favoured the higher temperatures with high radiation intensity. On the other hand, the withish color of *Diploschistes diacapsis* and its possible more exposed microhabitat increased thallus temperature during lower radiation conditions. *Xanthoria parietina* showed a particular exposure preference to high variable relative humidity conditions.

## INTRODUCCIÓN

Los líquenes ocupan una amplia variedad de hábitats, muchos de los cuales resultan hostiles para las plantas vasculares. En algunos ambientes, como zonas áridas o semiáridas, pueden llegar a formar importantes comunidades gracias a su estrategia oportunista de aprovechar el rocío y las altas humedades relativas para hidratarse y recuperar su actividad metabólica en pocos minutos (Kershaw 1985; Kappen 1988). Su actividad vital en estos ambientes está determinada por cambios rápidos y bruscos de la humedad disponible y por largos períodos de sequedad. En general, estas especies xerofíticas muestran una serie de características en común como son la necesidad de altas intensidades luminosas para alcanzar el punto de compensación lumínico y para la saturación de la fotosíntesis neta. En estas especies la cantidad mínima de agua necesaria para producir tasas de intercambio de CO<sub>2</sub> positivas, es relativamente baja (Lange et al. 1994, 1997b), y en algunas se han encontrado adaptaciones morfológicas para resistir altas intensidades lumínicas (Büdel & Lange, 1994). La fisiognomía y la composición florística de las comunidades líquénicas que se desarrollan en estos ambientes varía notablemente según el área geográfica que ocupan.

El estudio de las comunidades líquénicas de ambientes áridos y semiáridos se ha dividido geográficamente en 9 regiones: África del norte (Kappen et al 1980; Llimona 1982; Egea & Llimona 1991) y sur (Lange et al. 1991b, 1994b); Asia, diferenciándose cuatro regiones, norte, sur, este y oeste (Kulakov 2000; Vedeneev 2000); Australia (Eldridge & Tozer 1997) y América del norte (Nash III & Moser 1982) y sur (Follmann 1967; Rundel 1972; Redon 1975). Si bien, en las zonas áridas y semiáridas del sur de América se diferencia entre los desiertos costeros y los desiertos de niebla (Rogers 1977). Además de estas importantes regiones geográficas, localmente también pueden aparecer ambientes de menor extensión con características similares a los ambientes áridos y semiáridos, como algunas zonas del centro de Europa donde se desarrollan comunidades terrícolas caracterizadas por *Psora decipiens* (Crespo & Barreno 1978; Follmann 1974; Llimona 1974; Ozenda & Clauzade 1970).

Las variaciones en las condiciones microclimáticas en ambientes áridos y semiáridos de América, África y Australia han servido para explicar las diferencias en la composición y distribución de la vegetación líquénica (Lange & Evenari, 1971, Rundel, 1978; Kappen et al. 1980; Nash et al 1982a; Redon & Lange 1982; Schieferstein & Loris 1992). Sin embargo, las características microclimáticas de los enclaves semiáridos europeos, no han sido estudiadas durante series largas. El estudio de las condiciones microclimáticas a lo largo de las diferentes estaciones, aporta información sobre los períodos de actividad potencial y sobre la variación de las condiciones de temperatura y humedad a las que están sometidos los líquenes, lo que permite caracterizar sus condiciones reales de crecimiento y el grado de adaptación a estos ambientes.

El particular enclave geográfico del Desierto de Tabernas permite que existan especies tanto de óptimo continental, como especies mucho más termófilas de distribución circunmediterránea o Irano-Turánica (Gutiérrez & Casares 1994) favorecidas por unas condiciones climáticas parecidas a las del norte de África, Oriente Medio o la depresión Aralo-caspiana (Capel-Molina 1990). Las comunidades costeras han sido estudiadas desde un punto de vista fitogeográfico y florístico y muestran relaciones con otras comunidades líquénicas del norte de África y las Islas Canarias (Egea & Llimona 1991).

Nuestro objetivo fue la recolección de datos sobre las condiciones microclimáticas en las que se desarrollan cuatro especies líquénicas en dos ambientes diferentes del SE semiárido de la Península Ibérica. Las especies fueron elegidas por su importancia en las comunidades y por diferentes características morfológicas y anatómicas.

En el ambiente costero del Cabo de Gata se estudiaron dos especies foliosas, pero de distinta preferencia ecológica: *Xanthoria parietina*, de un intenso color naranja, es una especie característica de roquedos soleados que se comporta como ornitocoprófila, xerófila y heliófila, y *Parmelia pulla*, de color marrón oscuro, relativamente nitrófila que prefiere rocas poco soleadas y poco inclinadas y de amplia distribución en toda la Península Ibérica. En el ambiente del interior se estudiaron una especie crustácea y otra foliosa: *Diploschistes diacapsis* y *Parmelia pokornyi*, respectivamente, siendo las dos terrícolas y conviviendo ambas en las laderas del Barranco del Cautivo en el Desierto de Tabernas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Estaciones microclimáticas

Zona costera, Barranco del Sabinar (UTM 30SWF7368), Cabo de Gata, (San José). Altitud 50m.

Se instalaron dos sensores de temperatura en contacto directo con los talos. El talo de *X. parietina*, en el que se instaló el sensor, estaba en el centro de una zona rica en talos de esta especie, situada en el borde de un gran bloque andesítico con orientación NO, mientras que el talo estudiado de *P. pulla* estaba situado en un fragmento de roca volcánica (andesita) junto al bloque anterior, cercano al suelo y orientado al NE (Figs. 1-4). Los datos de humedad relativa se obtuvieron con dos sensores uno situado sobre la superficie del bloque y otro orientado al NE. Los datos de radiación fotosintéticamente activa se obtuvieron con dos sensores situados junto a los sensores de humedad.

Zona interior, Barranco del Cautivo (UTM 30SWF493962), Desierto de Tabernas (Tabernas). Altitud 200m.

Los talos estudiados estaban situados en una ladera orientada al E separados entre sí una distancia menor de un metro. Los sensores de temperatura estaban en contacto directo con los talos: uno en *D. diacapsis* y otro en *P. pokornyi* (Figs. 5-6). El sensor de humedad relativa estaba en contacto directo con el suelo y el de luz fotosintéticamente activa sobre una placa de plástico fijada al suelo.

Desde Marzo de 1998 a Febrero de 1999 los datos fueron registrados por los sensores cada 2 min y la media de los valores obtenidos fue grabada en un equipo Squirrel 1200 (Grant, Cambridge UK) cada 20 min. Las características de los sensores utilizados eran las siguientes: sensores de temperatura del tipo mini-thermistors (Grant, Cambridge UK) que miden la temperatura en grados centígrados ( $^{\circ}\text{C}$ ); sensores del flujo incidente de fotones fotosintéticamente activos (PPFD) del tipo LiCor-sensors (Li190SB; Lincoln, Nebraska USA) que registran los valores en  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ; sensores de humedad relativa del tipo Capacity sensors (Humicap; Vaisala, SF) que registran las variaciones en porcentajes (%).

## RESULTADOS

### Diferencias microclimáticas entre las localidades

En las dos comunidades liquénicas estudiadas, los parámetros microclimáticos descritos presentaron variaciones características durante las estaciones y a lo largo del año en correspondencia con las características macroclimáticas. La localidad del interior presenta una mayor continentalidad con un rango entre los máximos y mínimos más amplio. En la costa la amplitud térmica era menor sobre todo en el rango de los valores mínimos. La variación anual de los parámetros estudiados queda representada en las figuras 1 y 3 para el Barranco del Sabinar y en las figuras 2 y 4 para el Barranco del Cautivo. Las figuras 5-10 representan las frecuencias relativas de los valores de cada parámetro estudiado, en la localidad del Barranco del Sabinar (Figs. 5-7) y en la localidad del Barranco del Cautivo (Figs. 8-10). El rango posible de temperaturas se ha dividido en 32 categorías desde 60 a  $-2^{\circ}\text{C}$ . La intensidad luminosa en 42 categorías desde 2000 a  $0 \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , y la humedad relativa en 10 categorías desde 100 a 0 %.

La temperatura de los talos estudiados sufrió un aumento considerable durante el verano (Figs. 1 A,B y 2 A,B). Las temperaturas más frecuentes durante el verano en la costa (Fig. 5) estuvieron entre 24 y 22  $^{\circ}\text{C}$  mientras que en el interior estuvieron entre 20 y 18  $^{\circ}\text{C}$ . En la costa las temperaturas más frecuentes durante la primavera y el otoño fueron similares (entre 16 y 14 $^{\circ}\text{C}$ ) y mayores que en el interior. Lo que indica que en las comunidades liquénicas del interior, durante la primavera los talos se mantienen más tiempo a temperaturas más bajas (12-10 $^{\circ}\text{C}$ ). Las temperaturas mínimas por debajo de cero, se alcanzaron únicamente en la localidad del interior durante el invierno, aunque en la costa la temperatura también disminuyó no llegó a valores por debajo de cero.

Los valores máximos de la cantidad de fotones fotosintéticamente activos son mayores durante la primavera y el verano, presentándose los valores menores durante el invierno (Figs. 1 C, D y 2 C) en las dos localidades. En la costa la intensidad de radiación más frecuente varía según las estaciones (Fig. 7), así en verano era más alta (250-200  $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) seguida de la primavera (entre 200-150  $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) y otoño (150-100  $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ). En el interior, durante la primavera, verano y otoño la intensidad luminosa más frecuente a la que

se encontraban sometidos los talos (Fig. 8) estaba en el rango de  $50 \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  mientras que en invierno la intensidad más frecuente estaba entre 150 y  $100 \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ . Durante el invierno, en la costa se alcanzaban los valores de radiación máximos más bajos durante más tiempo ( $100\text{-}50 \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ).

En las dos localidades estudiadas la humedad relativa llega a saturación (100%) en cualquier época del año máxima se alcanza durante todo el año (Figs. 3 A,B y 4 A,C). Se observó un incremento en la humedad relativa mínima durante el invierno y el otoño, período en el cual las humedades relativas en las dos localidades mostraban valores más frecuentes en el máximo (Figs. 9 y 10). En la costa los valores máximos eran los más frecuentes en todas las estaciones excepto durante el verano, cuando los valores más frecuentes estaban entre 60- 30 % de humedad relativa. En la localidad del interior la humedad relativa máxima era la más frecuente únicamente durante el otoño y el invierno. Durante la primavera y el verano la humedad relativa más frecuente es menor que la de la costa (entre 30-20 %).

La Tabla 1 muestra el porcentaje de tiempo en cada estación en que los sensores de humedad relativa registraron valores por encima del 90 % diferenciándose los periodos con luz. En ambas localidades se aprecia una importante variación estacional. Los meses de primavera y verano fueron los que menos tiempo registraron humedades relativas elevadas durante las cuales los talos pueden activarse, siendo el otoño y el invierno las estaciones más favorables para la actividad metabólica, ya que los talos podrían estar hidratados más tiempo en condiciones de iluminación. En las localidades del interior fue fundamentalmente durante el invierno cuando se alcanzan humedades altas durante más tiempo.

### **Diferencias microclimáticas en el microhábitat de las especies costeras.**

Las temperaturas más frecuentes, para las dos especies estudiadas en el Barranco del Sabinar (Fig. 5), fueron similares durante todas las estaciones, existiendo únicamente diferencias en las temperaturas máximas, mínimas y medias alcanzadas por cada especie. Para *P. pulla* las temperaturas máximas alcanzadas estaban entre 58-56 °C mientras que para *X. parietina* estaban entre 52-50 °C. Durante la primavera, la temperatura media para las dos especies era similar, pero durante el verano la temperatura media, así como las máximas aumentaban para *P. pulla* mientras en otoño y primavera eran mayores para *X. parietina*. Las mínimas más bajas se registraban en invierno en el talo de *P. pulla* (entre 2-0°C) aunque en general eran bastante similares durante todo el año para las dos especies.

La intensidad luminosa más frecuente para *X. parietina* (Fig. 7) fue similar durante todo el año ( $50 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) pero en el caso de *P. pulla* variaba según la estación. Durante el verano era la más alta ( $250 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) seguida por la primavera ( $200 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), otoño ( $150 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) y por último el invierno ( $100 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). En ambas localidades el periodo de oscuridad va disminuyendo hacia el verano (38% del tiempo total) siendo en las exposiciones de NE, en las que se desarrolla *P. pulla* donde la duración de la oscuridad fue mayor. El microhábitat de *P. pulla* también implica unas intensidades máximas de radiación menores a las del microhábitat de *X. parietina*.

Durante la primavera, el otoño y el invierno es cuando más frecuentemente se registran valores máximos de humedad relativa en las exposiciones donde crece *X. parietina* (Fig. 9). Durante el verano la humedad relativa más frecuente estaba entre 40-30 % para *X. parietina*

mientras que en el caso de *P. pulla* la humedad relativa más frecuente estaba entre 60 y 50 %. Las exposiciones NO de la costa mantienen humedades relativas por encima del 90% durante más tiempo durante los períodos de oscuridad que las exposiciones NE, durante el invierno ocurre al contrario.

### **Diferencias microclimáticas entre las especies del interior**

En el Barranco del Cautivo, las temperaturas más frecuentes para las dos especies eran similares durante el verano y el otoño (Fig. 6). En primavera era el talo de *D. diacapsis* (14-12 °C) el que presentaba temperaturas más altas frente al de *P. pokorny* (12-10 °C). En invierno, sin embargo, el talo de *D. diacapsis* presentaba las mínimas absolutas más bajas y frecuentemente temperaturas más bajas (entre 6 y 4° C) que *P. pokorny* (8 y 6 °C). Las temperaturas máximas absolutas son alcanzadas por *P. pokorny* durante el verano, pero durante el invierno, las máximas las registra más frecuentemente el talo de *D. diacapsis*.

### **Influencia de la temperatura del aire y la intensidad luminosa en la temperatura de los talos**

En la localidad costera, las comunidades liquénicas donde están los talos de *P. pulla* y *X. parietina* estudiados aparecen en exposiciones relativamente protegidas de la radiación solar directa (Fig. 11), ya que los valores más altos del sensor de radiación incidente, situado sobre la superficie de la roca, no coinciden con los valores máximos de temperatura del talo de *X. parietina* ni de *P. pulla*. Los talos de *X. parietina* situados al NO estaban protegidos de las fuertes radiaciones diurnas y alcanzan sus máximos de temperatura al atardecer cuando la intensidad de los rayos solares era menor. La exposición elegida por el talo de *P. pulla*, lo protege de las fuertes radiaciones durante la primavera cuando puede estar hidratado por las altas humedades relativas o el rocío. El verano fue la estación más desfavorable para los talos de color oscuro de *P. pulla* que empiezan a calentarse rápidamente durante las primeras horas.

En la localidad del interior, en condiciones de intensa radiación, el talo de *P. pokorny* de color oscuro, fue el que más rápidamente alcanzó las máximas temperaturas (Fig. 12 A,B,C), mientras que cuando la cantidad de luz solar recibida fue menor, durante el otoño y el invierno, el talo de *D. diacapsis* fue el que presentó las temperaturas más elevadas (Fig. 12 C y D).

### **DISCUSIÓN**

Los datos registrados por los sensores de temperatura caracterizan el microambiente en el que se desarrollan las especies liquénicas estudiadas y estos concuerdan con las preferencias ecológicas de las comunidades liquénicas de las que forman parte (Egea & Llimona, 1994; Gutiérrez & Casares, 1994). Analizando los datos anualmente, la temperatura más frecuente para los talos de *P. pokorny* fue entre 12-10°C mientras que para *P. pulla* estuvo entre 16-14°C, si bien los máximos alcanzados son similares. La especie de *Parmelia* de la costa sería más termófila que la del interior de características más continentales. En el

caso de *X. parietina* y *D. diacapsis* sus temperaturas más frecuentes indican que son especies termófilas (16-14°C) pero *D. diacapsis* es más continental.

Si examinamos las temperaturas máximas alcanzadas durante los períodos de actividad fotosintética potencial para estas especies, vemos que las temperaturas máximas alcanzadas son altas y las intensidades luminosas son también altas lo que puede provocar importantes tasas de intercambio gaseoso como se ha visto para otras especies en otros ambientes (Lange et al. 1994b, 1995b), por lo que a pesar de los cortos períodos de actividad la productividad total puede ser elevada. Otro factor importante que influye en las tasas de fotosíntesis neta, es la suprasaturación de los talos, es decir, contenidos hídricos altos que producen la depresión de la fotosíntesis. Este fenómeno se alcanza sólo con hidratación con agua líquida en forma de lluvia, meteoro que en otros ambientes resulta de gran importancia en el rendimiento fotosintético de las especies liquénicas (Lange & Green, 1996), pero que es excepcional en el SE Ibérico.

Estudios de laboratorio con especies características de los desiertos interiores de Sonora y del Negev (Lange 1969; Nash et al. 1982 a) demostraron que las temperaturas óptimas para la actividad fotosintética varían en función de la intensidad luminosa, con bajas intensidades estaban entre 0-10 °C, mientras que con altas intensidades rondan los 20°C. Estos valores son del mismo orden que los valores de temperatura más frecuentes registrados por los talos de las zonas interiores cuando los talos estaban hidratados.

Respecto a la humedad ambiental, las comunidades liquénicas de interior sufren una mayor estacionalidad y humedades relativas mínimas más bajas que en la costa. En cuanto a los regímenes luminosos las comunidades del interior orientadas al este, presentan como intensidad más frecuente valores relativamente bajos ( $50 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) en comparación con las comunidades costeras en las que en las orientaciones NE se alcanzan más frecuentemente valores de  $150 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . También aparecen microhábitats (como la superficie horizontal de la roca estudiada) colonizados también por *X. parietina*, en los que la intensidad luminosa más frecuente durante todo el año es similar a la del Barranco del Cautivo. Teniendo en cuenta que las tasas de fotosíntesis neta de los líquenes de ambientes desérticos, a intensidades bajas, han resultado relativamente altas y bastante uniformes a lo largo de un amplio rango de contenidos hídrico de los talos (Nash et al. 1982 a), las comunidades liquénicas de estos ambientes buscan localidades sombreadas el mayor tiempo posible, manteniendo así temperaturas bajas sin desventajas para sus tasas de fotosíntesis neta. Recientemente además se ha descrito que las tasas de transmisión de la radiación fotosintéticamente activas en talos de sol o de hábitats desérticos son menores a las de talos de sombra (Dietz et al. 2000).

El estudio de la variación de la fotosíntesis neta para *D. muscorum* y *D. diacapsis* de ambientes áridos y semiáridos (Lange et al. 1995b, 1997a) mostró que a bajos contenidos hídricos (0,5 mm equivalentes de precipitación) las tasas de fotosíntesis neta son superiores a mayores temperaturas (15 °C frente a 10 °C). Este comportamiento fisiológico, común también en especies fruticulosas típicas de ambientes desérticos (Lange 1980), aprovecha al máximo las características ambientales a las que están sometidos los talos en estas localidades. El aumento en la temperatura de los talos coincide con la disminución de la humedad relativa del microhábitat.

Las diferencias de temperatura entre las dos especies del interior, cuando no son debidas a la incidencia directa de la luz pueden deberse a pequeñas diferencias

microtopográficas, que favorezcan un microhábitat menos expuesto a las bajadas de la temperatura durante la noche para *P. pokornyi*. Este hecho estaría confirmado con una menor incidencia de la intensidad de la luz solar en la temperatura del talo durante el invierno (Fig. 12 D, E), cuando el talo de *D. diacapsis* presenta los valores máximos de temperatura durante el día. Las posiciones menos expuestas son ventajosas sobre todo durante la primavera y el verano, cuando las intensidades luminosas provocan la rápida deshidratación de los talos y el rápido incremento de la temperatura de los talos oscuros. Las características de color del córtex superior de *D. diacapsis* le permiten registrar temperaturas más bajas que *P. pokornyi* durante la primavera y el verano. Durante estas estaciones el contenido hídrico de los talos desciende rápidamente durante la mañana debido a las fuertes intensidades luminosas y el incremento de la temperatura, siendo para *D. diacapsis* un descenso más gradual que para *P. pokornyi* (Fig. 12 B).

Durante la primavera, las temperaturas de los talos durante los períodos con radiación fotosintéticamente activa y humedades relativas por encima del 75 % son mayores en las especies como *P. pokornyi* de córtex superior oscuro y por tanto las tasas fotosintéticas pueden ser mayores. En invierno y en otoño las especies de *Parmelia* se mantienen a temperaturas relativamente más bajas, por sus exposiciones menos expuestas, pudiendo mantener la humedad de sus estructuras durante más tiempo que otras especies. Estas especies dentro de una estrategia general sustrato-higrofitica presentan una buena adaptación a la captación de agua desde la atmósfera (aero-higrofilia).

*Parmelia pokornyi* y *P. pulla* presentan talos de color marrón oscuro cuando están deshidratadas y de color verde en hidratación. La interacción del color de los líquenes con la temperatura de los talos ha sido examinada en varios estudios previos (Kershaw 1974, 1983; Sancho et al. 1994). Los colores más claros durante el estado hidratado protegen a los talos de un excesivo calentamiento cuando el contenido hídrico y las condiciones para el intercambio gaseoso son óptimas para la fotosíntesis (Sancho et al. 1994). Recientemente al estudiar la transmisión de luz a través del córtex de líquenes de diferentes hábitats (Diezt et al. 2000) se ha encontrado que en las zonas del talo de *Peltigera aphthosa* de color verde (hidratadas), la transmisión de la luz era mayor que en las zonas más oscuras, si bien la reflexión es mayor en los talos secos que en los talos húmedos. Según estos autores, la relativamente baja reflexión de los talos en el rango del infrarrojo combinada con la absorción por el talo en las zonas más claras, debe afectar el balance energético y producir un incremento de la temperatura del talo lo que finalmente aceleraría la pérdida de agua. Esto explicaría una baja transmitancia a nivel del córtex para talos liquénicos procedentes de los desiertos, donde la aclimatación estaba gobernada por la necesidad de fotoprotección del fotobionte. Al mismo tiempo la variación del color y el incremento de la reflexión del córtex durante la deshidratación favorecen la protección del fotobionte durante los momentos de mayor intensidad luminosa. Esto implicaría que durante las primeras horas del amanecer los talos de *Parmelia* utilizan mejor la luz y que la transmisión estaba ajustada a las condiciones que aparecen cuando el talo está húmedo. Por lo que las variaciones en color de *P. pokornyi* y *P. pulla* junto con la elección de microhábitats donde la humedad relativa se mantenga alta durante más tiempo condiciona la estrategia adaptativa de estas especies. En el caso de *D. diacapsis* los cristales de oxalato cálcico sobre su superficie incrementarían la reflexión actuando también como protección para el fotobionte.

El análisis conjunto de las características microclimáticas en las que se desarrollan las diferentes especies dentro de una comunidad y sus características de intercambio gaseoso en el laboratorio y en el campo, junto con el estudio de sus propiedades físicas así como la influencia de la morfología y anatomía en las relaciones hídricas sería la forma adecuada para conocer de forma integral el funcionamiento de las diferentes comunidades líquénicas y las especiales adaptaciones de estos organismos simbióticos a diferentes condiciones ambientales.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren expresar su agradecimiento a varias personas que han apoyado este trabajo: Dra. Carmen Ascaso (CCMA, CSIC, Madrid), y al Dr. Roberto Lázaro (EEZA, CSIC, Almería). A Ruth del Prado por su inestimable ayuda en la recogida de los datos de campo y al Centro de Experiencias Michelin por permitirnos colocar y proteger la estación microclimática de la localidad del Barranco del Sabinar (San José, Almería).

## BIBLIOGRAFÍA

- Büdel, B. & Lange, O.L. (1994): "The role of cortical and epinecral layers in the lichens genus *Peltula*." *Crypogamic Botany*.4, pp. 262-269.
- Capel Molina, J. (1986): *El clima de la provincia de Almería*. Caja de Ahorros de Almería, Almería
- Crespo, A. & Barreno, E. (1978): "Sobre las comunidades terrícolas de líquenes vagantes (*Sphareothallio-Xanthoparmelion vagantis* al. nova)." *Acta Botanica Malacitana*.4, pp. 55-62.
- Egea, J.M. & Llimona, X. (1991): "Phytogeography of Silicolous lichens in Mediterranean Europe and NW Africa." *Bot. Chron.*10, pp. 179-198.
- Eldridge, D.J. & Tozer, M.E. (1997): "Environmental factors relating to the distribution of terricolous bryophytes and lichens in semi-arid Eastern Australia." *The Bryologist*.100, pp. 28-39.
- Follmann, G. (1967): "Die Flechtenflora der Nordchilenischen Nebeloose Cerro Moreno." *Nova Hedwigia*.14, pp. 215-281.
- Follmann, G. (1974): "Nordhessische Flechtengesellschaften. I. Das *Fulgensietum fulgentis* Gams." *Hess. Florist. Briefe*.23, pp. 18-25.
- Gutiérrez, L. & Casares, M. (1994): "Flora líquénica de los yesos miocénicos de la provincia de Almería (España)." *Candollea*.49, pp. 343-358.
- Huiskes, A.H.L., Gremmen, N.J.M. & Francke, J.W. (1997): "Morphological effects on the water balance of Antarctic foliose and fruticose lichens." *Antarctic Science*.9, pp. 36-42.
- Kappen, L. (1988): "Ecophysiological relations in different climatic regions". In: Galun, M. (Editor): *Handbook of Lichenology*. CRC Press, Boca Raton, Florida. pp. 37-100.

- Kappen, L., Lange, O.L., Schulze, E.-D., Buschbom, U. & Evenari, M. (1980): "Ecophysiological investigations on lichens of the Negev Desert. VII. The influence of the habitat exposure on dew imbibition and photosynthetic productivity." *Flora*.169, pp. 216-229.
- Kershaw, K.A. (1983): "The thermal operanting-environment of a lichen." *Lichenologist*.15, pp. 191-207.
- Kershaw, K.A. (1985): *Physiological ecology of lichens*. Cambridge University Press, Cambridge
- Kershaw, K.A. & Larson, D.W. (1974): "Studies on lichen-dominated systems. XI. Topographic influences on microclimate and species distribution." *Canadian Journal of Botany*.52, pp. 1935-1945.
- Kulakov, V.G., 2000. Nomad lichens of semideserts and deserts of southeast Europe. In: Barcelona, U.d. (Editor), The Fourth IAL Symposium. Progress and Problems in Lichenology at the Turn of the Millenium, Barcelona, pp. 77.
- Lange, O.L., Belnap, J., Reichenberger, H. & Meyer, A. (1997b): "Photosynthesis of green algal soil crust lichens from arid lands in southern Utah, USA: role of water content on light and temperature responses of CO<sub>2</sub> exchange." *Flora*.192, pp. 1-15.
- Lange, O.L. & Evenari (1971): "Experimentell-ökologische Untersuchungen and Flechten der Negev-Wüste. IV. Wachstumsmessungen an *Caloplaca aurantica* (Pers.) Hellb." *Flora*.160, pp. 100-104.
- Lange, O.L., Meyer, A., Ullmann, I. & Zellner, H. (1991b): "Microclimate conditions, water content and Photosynthesis of lichens in the coastal fog zone of the Namib Desert: Measurements in the fall." *Flora*.185, pp. 233-266.
- Lange, O.L., Meyer, A., Zellner, H. & Heber, U. (1994b): "Photosynthesis and water relations of lichen soil crusts: field measurements in the coastal fog zone of the Namib Desert." *Functional Ecology*.8, pp. 253-264.
- Lange, O.L., Meyer, A., Zellner, H., Ullmann, I. & Wessels, D.C.J. (1990a): "Eight days in the Life of a Desert lichen: Water relations and photosynthesis of *Teloschistes capensis* in the coastal fog zone of the Namib Desert." *Madoqua*.17, pp. 17-30.
- Lange, O.L., Reichenberger, H. & Meyer, A. (1995b): "High thallus water content and photosynthetic CO<sub>2</sub> exchange of lichens. Laboratory experiments with soil crust species from local xerothermic steppe formations in Franconia, Germany". In: Daniels, F.J.A., Schulz, M. and Peine, J. (Editors): Contributions to Lichenology in Honour of Gerhard Follmann. The Geobotanical and Phytotaxonomical Study Group, Universität Köln. pp. 139-153.
- Larson, D.W. (1981): "Differential wetting in some lichens and mosses: the role of morphology." *The Bryologist*.84, pp. 1-15.
- Larson, D.W. & Kershaw, K.A. (1976): "Studies on lichen dominated systems XVIII. Morphological control of evaporation in lichens." *Canadian Journal of Botany*.54, pp. 2061-2076.

- Llimona, X. (1974): *Las comunidades de líquenes de los yesos de España*. Secretariado de Publicaciones e Intercambio Científico y Universitario, Barcelona
- Llimona, X. (1982): "Lichens of the arid Mediterranean area and North Africa." *Journal of Hattori Botanical Laboratory*.53, pp. 345-349.
- Nash III, T.H. & Moser, T.J. (1982): "Vegetational and physiological patterns of lichens in North American Deserts." *Journal of Hattori Botanical Laboratory*.53, pp. 331-336.
- Nash III, T.H. et al. (1982a): "Photosynthetic patterns of Sonoran desert lichens. I. Environmental considerations and preliminary field measurements." *Flora*.172, pp. 335.
- Ozenda, P. & Clauzade, G. (1970): *Les lichens. Étude biologique et flore illustrée*. Masson & CIE, Paris
- Redon, J. & Lange, O.L. (1982): "Epiphytische Flechten im Bereich einer chilenische "Nebeloase" (Fray Jorge) I. Vegetationskundliche Gliederung und Standortbedingungen." *Flora*.174, pp. 213-243.
- Redon, J., Quilhot, W. & Zuniga, E. (1975): "Observaciones sistemáticas y ecológicas en líquenes del Parque Nacional Fray Jorge." *Anales Museo Historia Natural Valparaiso*.8, pp. 51-57.
- Rogers, R.W. (1977): "Lichens of hot arid and semi-arid lands". In: Seaward, M.R.D. (Editor): *Lichen Ecology*. Academic Press, London. pp. 211-252.
- Rundel, P.W. (1978): "Ecological Relationship of Desert Fog Zone Lichens." *The Bryologist*.81, pp. 277-293.
- Rundel, P.W., Bowler, P.A. & Mulroy, T.W. (1972): "A fog induced lichen community from northwestern Baja California with two new species of *Desmazieria*." *The Bryologist*.75, pp. 501-508.
- Sancho, L.G., Valladares, F. & Ascaso, C. (1994): "Effect of hydration on colour and temperature in thalli of *Umbilicariaceae*." *Cryptogamic Botany*.4, pp. 227-232.
- Schieferstein, B. & Loris, K. (1992): "Ecological investigations on lichen fields of the Central Namib.I. Distribution patterns and habitat conditions." *Vegetatio*.98, pp. 113-128.
- Vedeneev, A.M., 2000. Macrolichens of arid territories (Lower Volga, Volgograd Region). In: Barcelona, U.d. (Editor), *The Fourth IAL Symposium Progress and Problems in Lichenology at the Turn of the Millenium*, Barcelona, pp. 85.

## Resumen de las principales diferencias estacionales

## Localidad costera

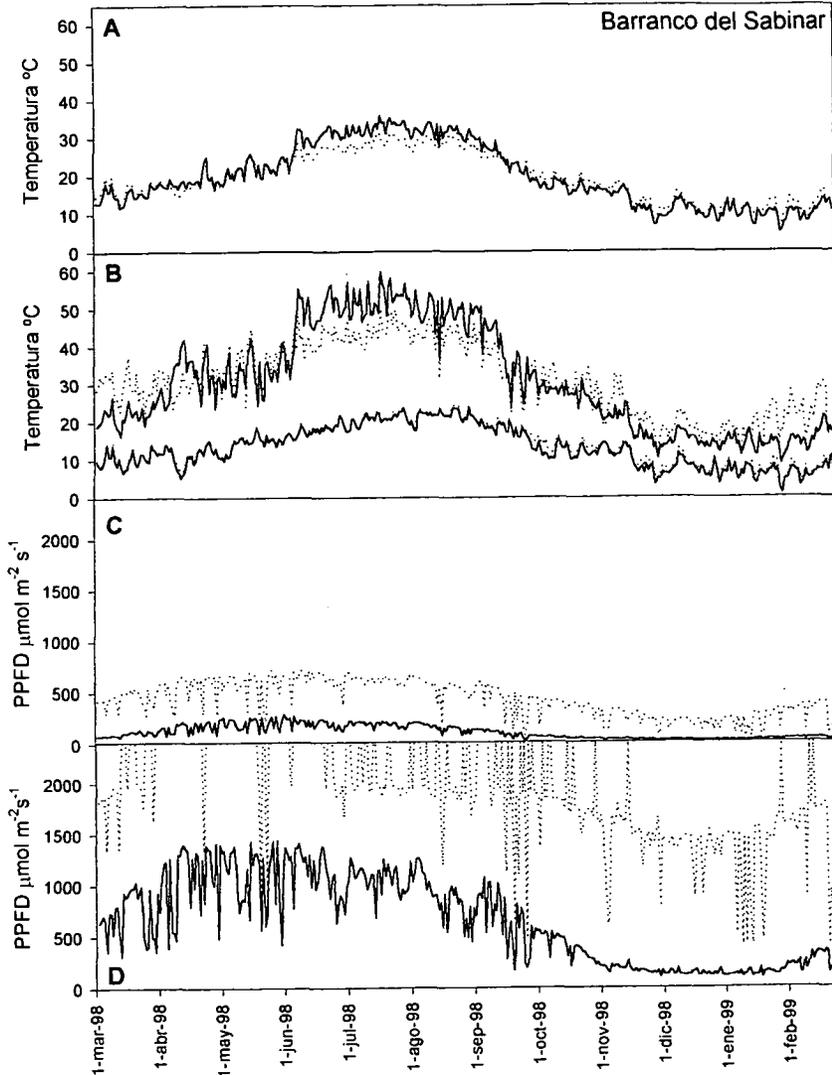
Temperatura °C		Luz $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$		Humedad %	
<i>P. pulla</i> NE	<i>X. parietina</i> NO	Sensor NE	Sensor H	Sensor NE	Sensor H
<b>Primavera Spring</b>					
max. 44-42	max. 46-44	max. 1450-1400	max. 2000-1950	max. 100-90	
med. 16-14		med. 200-150	med. 50-0	med. 100-90	
min. 6-4	min. 8-6	min. 0		min. 30-20	min. 20-10
<b>Verano Summer</b>					
max. 60-58	max. 52-50	max. 1450-1400	max. 2000-1950	max. 100-90	
med. 24-22		med. 250-200	med. 50-0	med. 60-50	med. 40-30
min. 16-14		min. 0		min. 20-10	
<b>Otoño Autumn</b>					
max. 52-50	max. 48-46	max. 1100-1050	max. 2000-1950	max. 100-90	
med. 16-14		med. 150-100	med. 50-0	med. 100-90	
min. 6-4	min. 8-6	min. 0		min. 40-30	min. 30-20
<b>Invierno Winter</b>					
max. 22-20	max. 32-30	max. 400-350	max. 1900-1850	max. 100-90	
med. 12-10		med. 100-50	med. 50-0	med. 100-90	
min. 2-0	min. 4-2	min. 0		min. 40-30	min. 30-20

## Localidad del interior

Temperatura °C		Luz $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Humedad %
<i>P. pokorny</i>	<i>D. diacapsis</i>	<i>Ladera Este</i>	<i>Ladera Este</i>
<b>Primavera Spring</b>			
max. 52-50	max. 42-40	max. 2000-1950	max. 100-90
med. 12-10	med. 14-12	med. 50-0	med. 30-20
min. 2-0	min. 0-(-2)	min. 0	min. 10-0
<b>Verano Summer</b>			
max. 60-58	50-48	max. 2000-1950	max. 100-90
med. 20-18		med. 50-0	med. 30-20
min. 14-12		min. 0	min. 10-0
<b>Otoño Autumn</b>			
max. 50-48	max. 44-42	max. 1700-1650	max. 100-90
med. 16-14		med. 50-0	med. 100-90
min. 2-0	min. 0-(-2)	min. 0	min. 20-10
<b>Invierno Winter</b>			
max. 28-26	max. 32-30	max. 1350-1300	max. 100-90
med. 8-6	med. 6-4	med. 150-100	med. 100-90
min. (-2)-(-4)		min. 0	min. 20-10

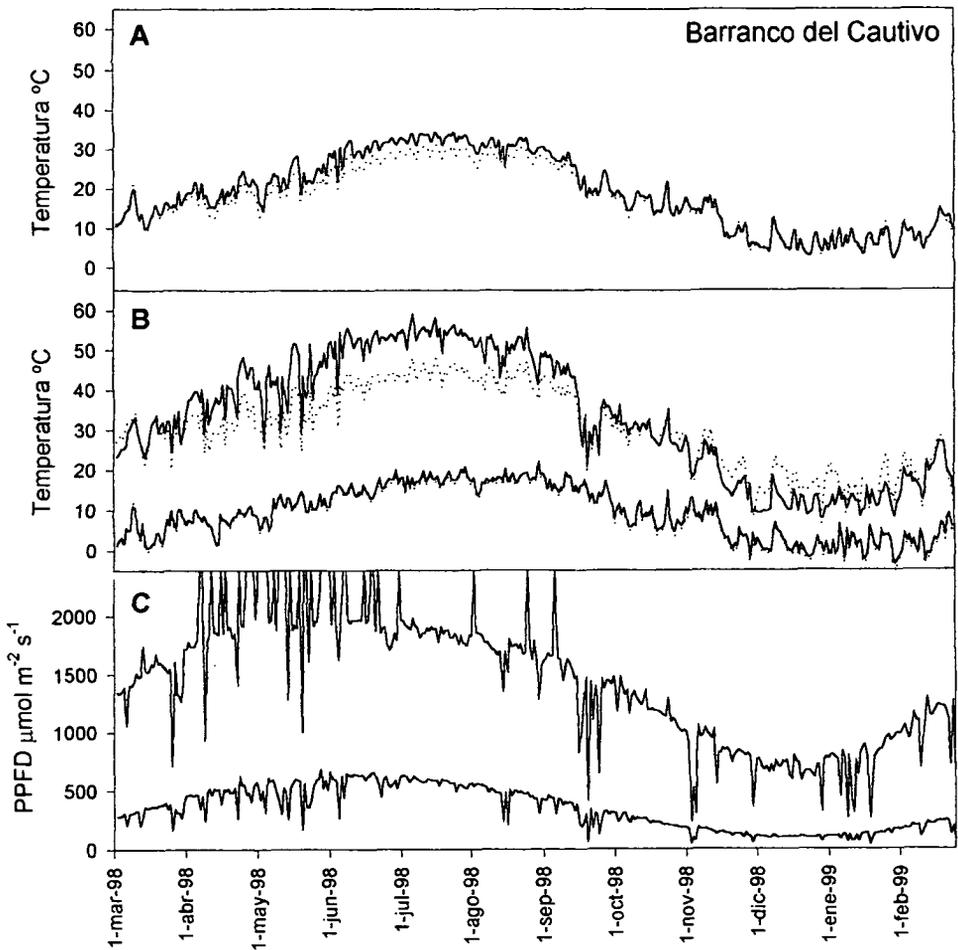
Tabla 1. Porcentaje de tiempo total en cada estación con HR>90% en diferentes exposiciones y localidades.

	<i>Costera H</i>		<i>Costera NE</i>		<i>Interior E</i>	
	Coastal H		Coastal NE		Inland E	
	Día	Noche	Día	Noche	Día	Noch
	Day	Night	Day	Night	Day	Nighte
Primavera	5.1	20.0	3.9	14.4	3.38	9.95
Verano	3.5	15.9	2.9	12.8	1.81	7.50
Otoño	10.3	35.1	10.2	31.9	4.45	17.26
Invierno	14.6	41.3	15.0	37.2	14.20	38.06



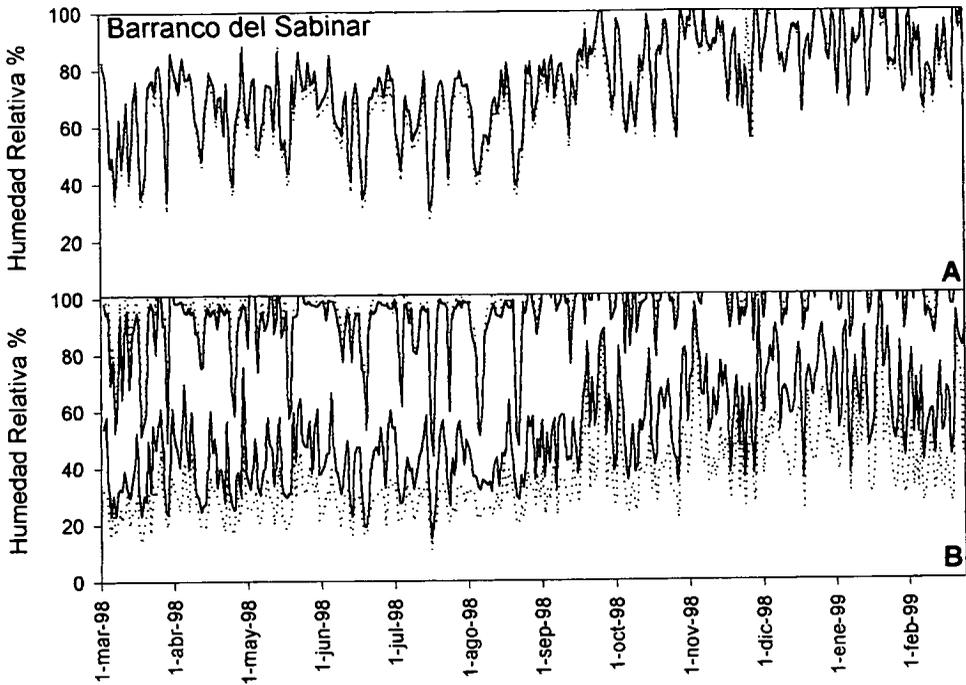
Fuente: Souza-Egipsy & Sancho 2001

Fig. 1 Condiciones microclimáticas de la roca estudiada en el Barranco del Sabinar (localidad costera). A y B, temperatura de los talos, la línea continua marca los valores registrados por el talo de *Parmelia pulla* situado en la orientación NE; la línea discontinua marca los valores registrados por el talo de *Xanthoria parietina* situado en orientación NO. A, temperatura media diaria de los talos. B, temperatura máxima y mínima diaria de los talos. C y D, flujo incidente de fotones fotosintéticamente activos, la línea continua marca los valores registrados para el sensor situado en exposición NE y la línea discontinua los valores para el sensor situado en horizontal. C, cantidad media diaria. D, cantidad máxima diaria.



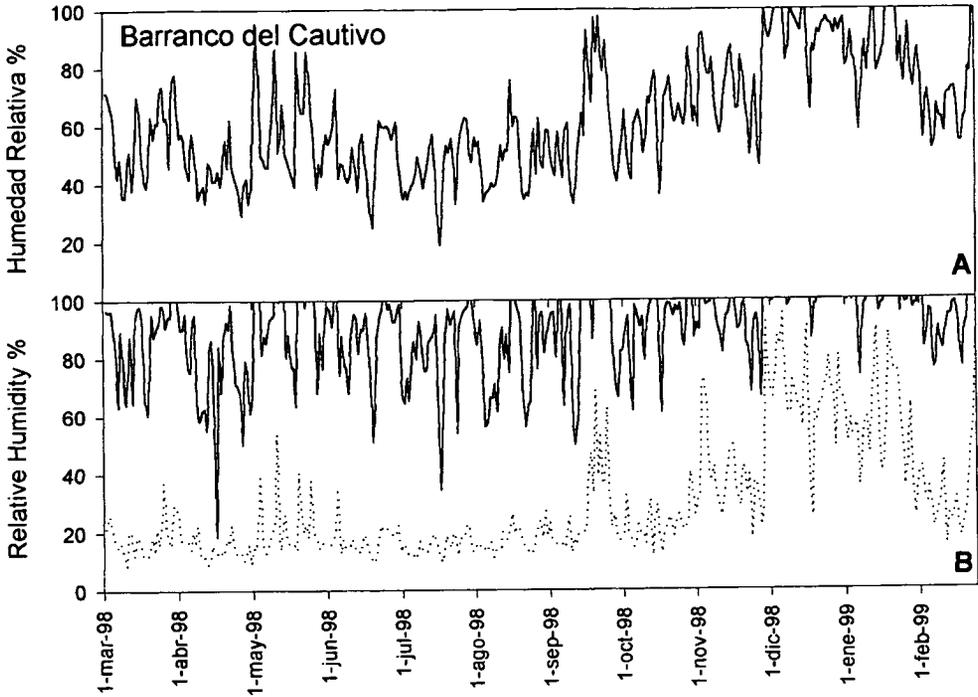
Fuente: Souza-Egipsy & Sancho 2001

Fig. 2 Condiciones microclimáticas de la ladera orientada al E en el Barranco del Cautivo (localidad interior). A y B, temperatura de los talos, la línea continua marca los valores registrados por el talo de *Parmelia pokornyi*; la línea discontinua marca los valores registrados por el talo de *Diploschistes diacapsis*. A, temperatura media diaria de los talos. B, temperatura máxima y mínima diaria de los talos. C, flujo máximo medio incidente de fotones fotosintéticamente activos.



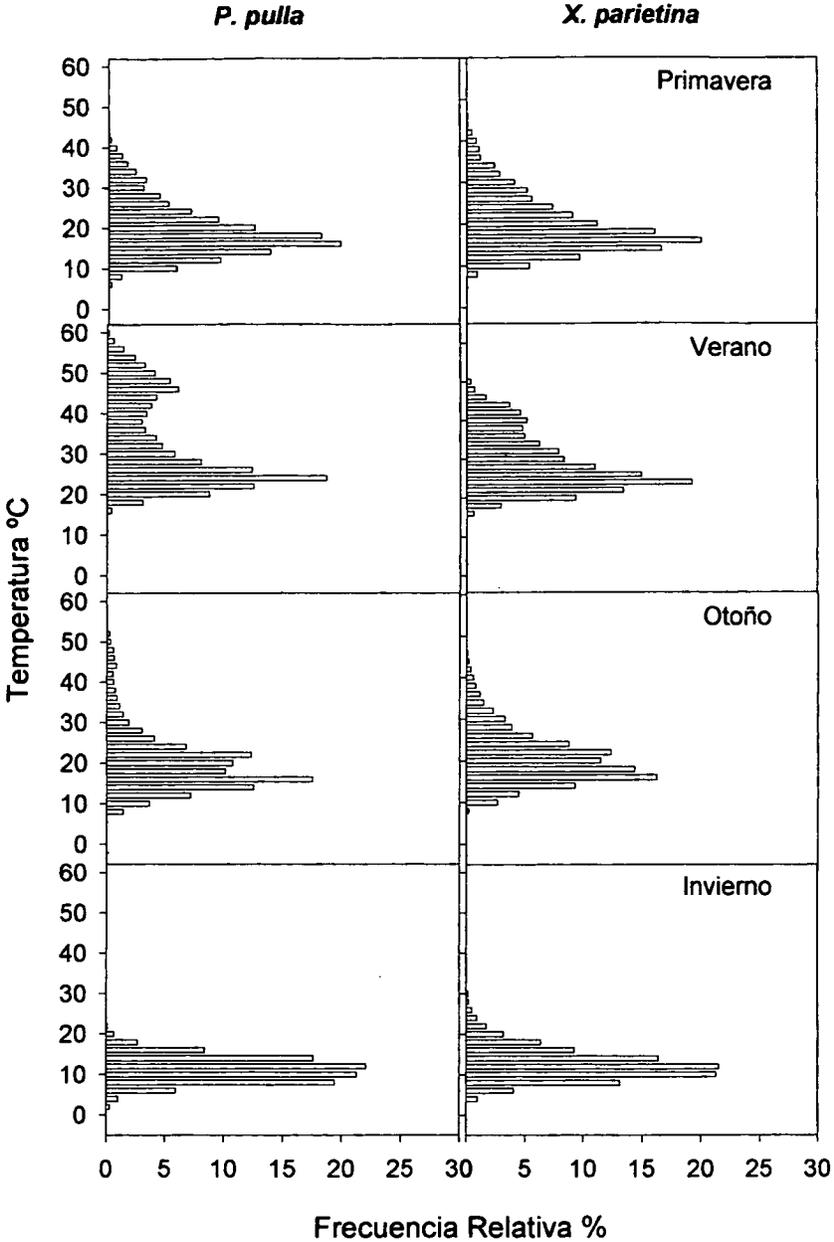
Fuente: Souza-Egipsy & Sancho 2001

Fig. 3 Condiciones microclimáticas de la humedad relativa en la roca estudiada en el Barranco del Sabinar (localidad costera), la línea continua marca los valores registrados por el sensor orientado al NE y la línea discontinua los valores registrados por el sensor situado en horizontal (H). A, humedad relativa media diaria para cada sensor. B, humedad relativa máxima y mínima diaria.



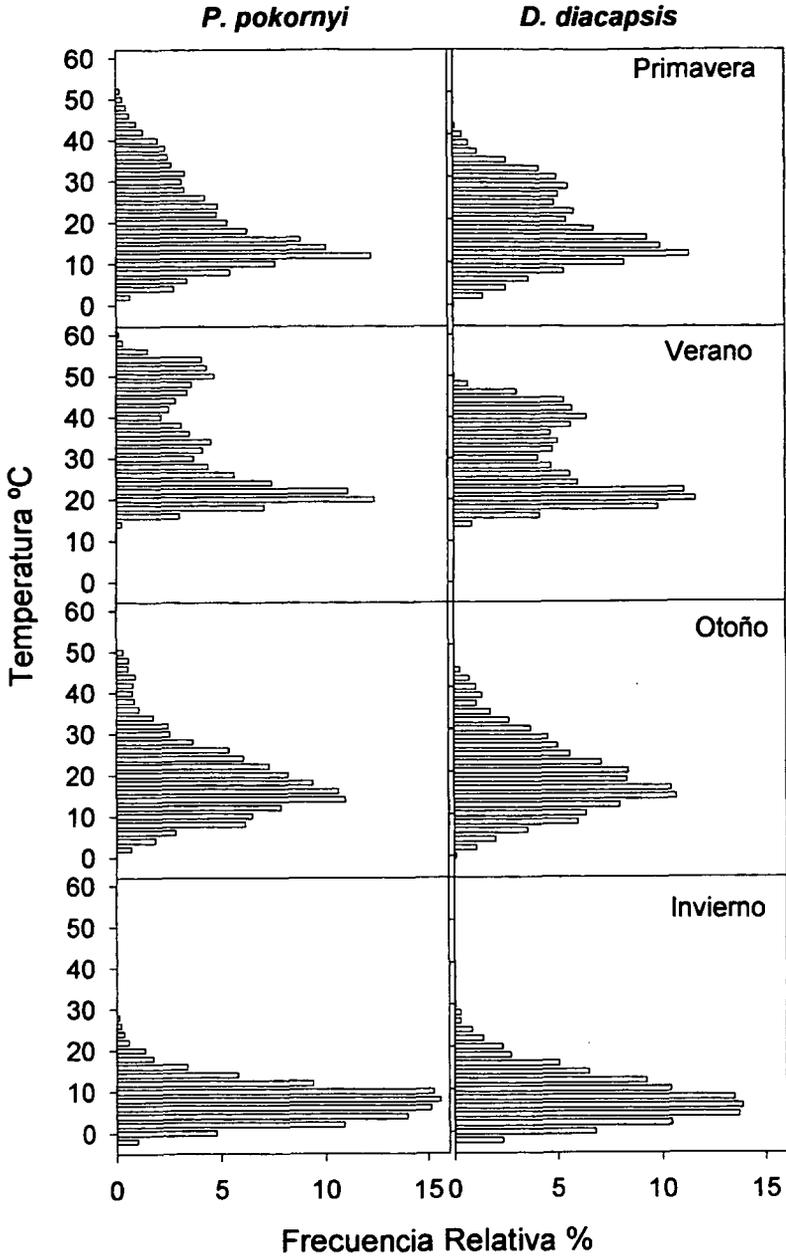
Fuente: Souza-Egipsy & Sancho 2001

Fig. 4 Condiciones microclimáticas de la humedad relativa en la ladera con orientación E en el Barranco del Cautivo (localidad interior). A, humedad relativa media diaria. B, humedad relativa máxima y mínima diaria.



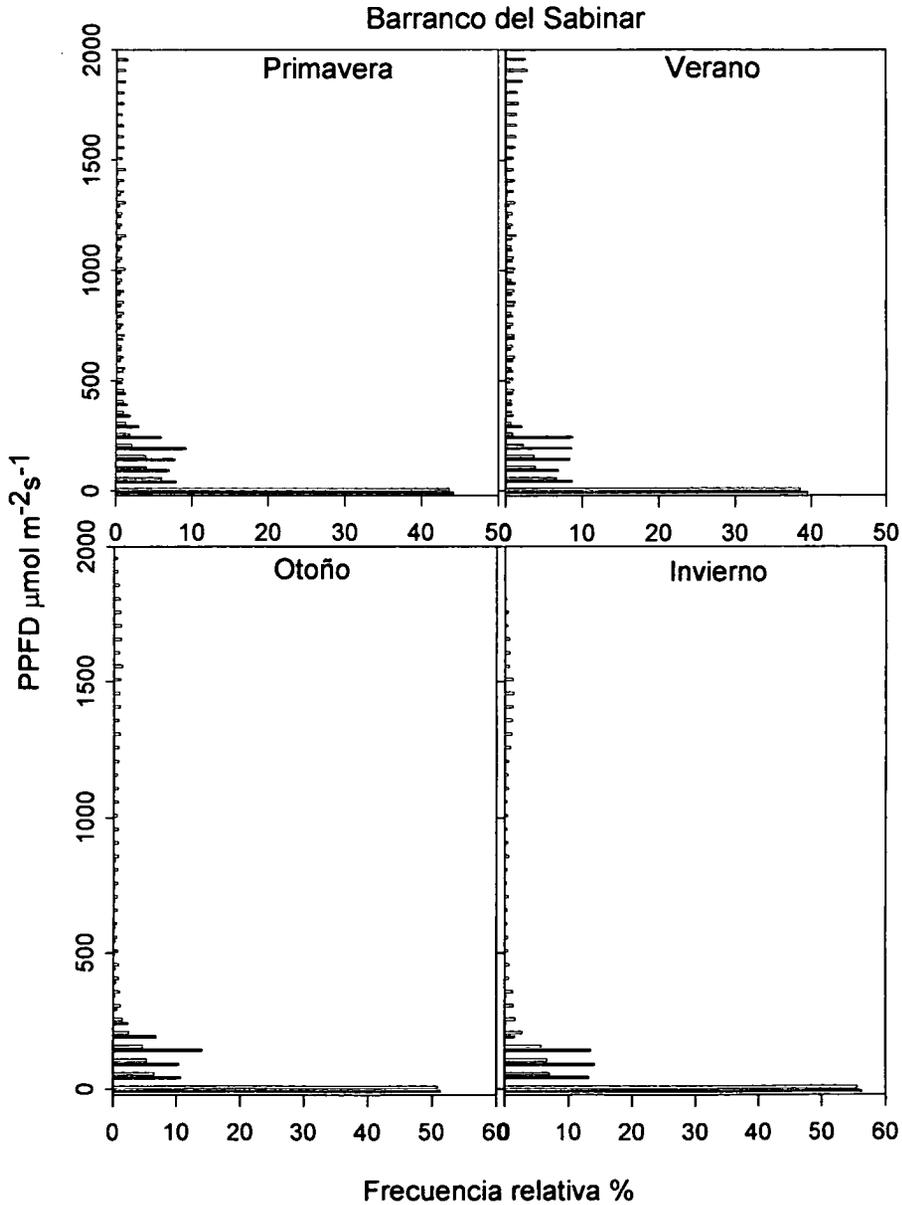
Fuente: Souza-Egipsy & Sancho 2001

Fig. 5 Frecuencia relativa, en porcentaje del tiempo total en cada estación, de las temperaturas registradas por *Parmelia pulla* (izquierda) y *Xanthoria parietina* (derecha) en la localidad costera.



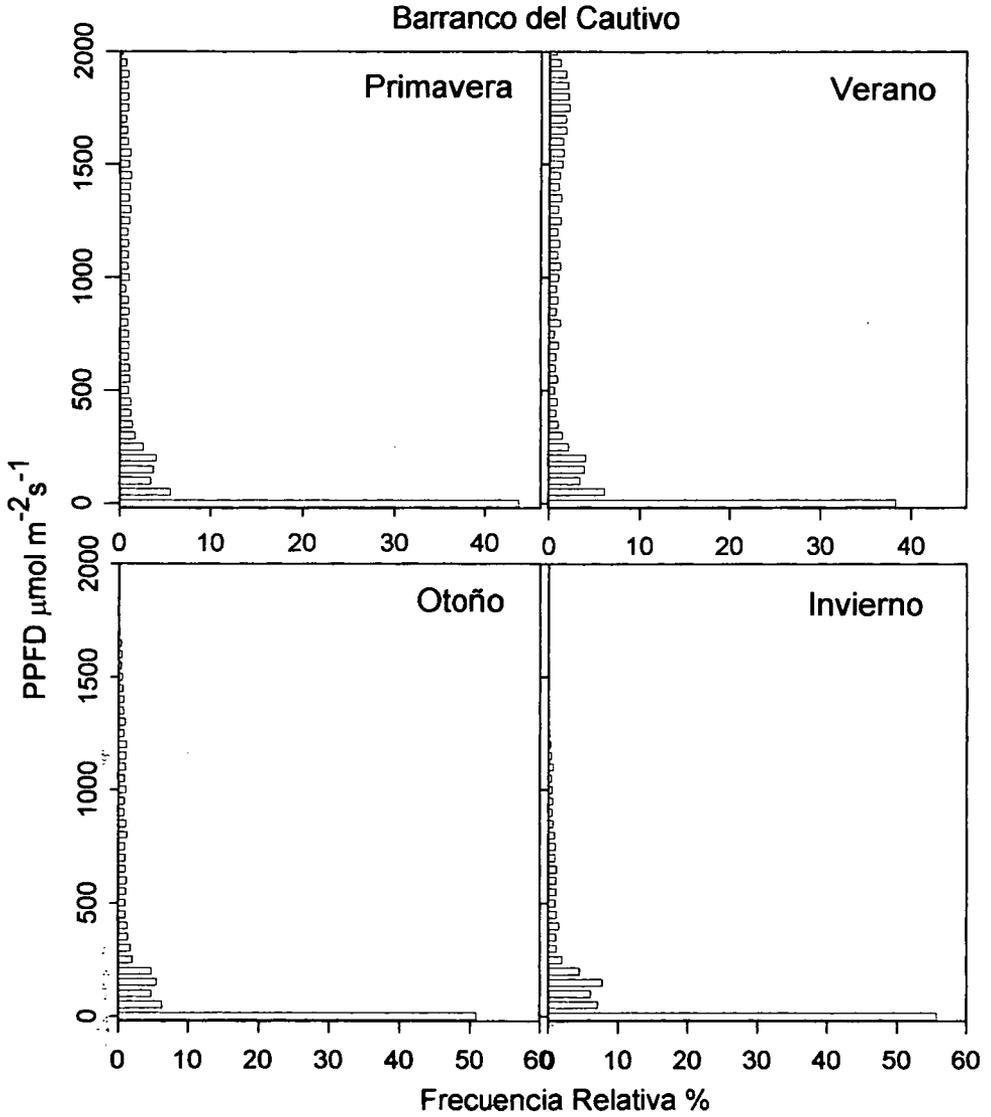
Fuente: Souza-Egipsy & Sancho 2001

Fig. 6 Frecuencia relativa, en porcentaje del tiempo total en cada estación, de las temperaturas registradas por *Parmelia pokorny* (izquierda) y *Diploschistes diacapsis* (derecha) en la localidad del interior.



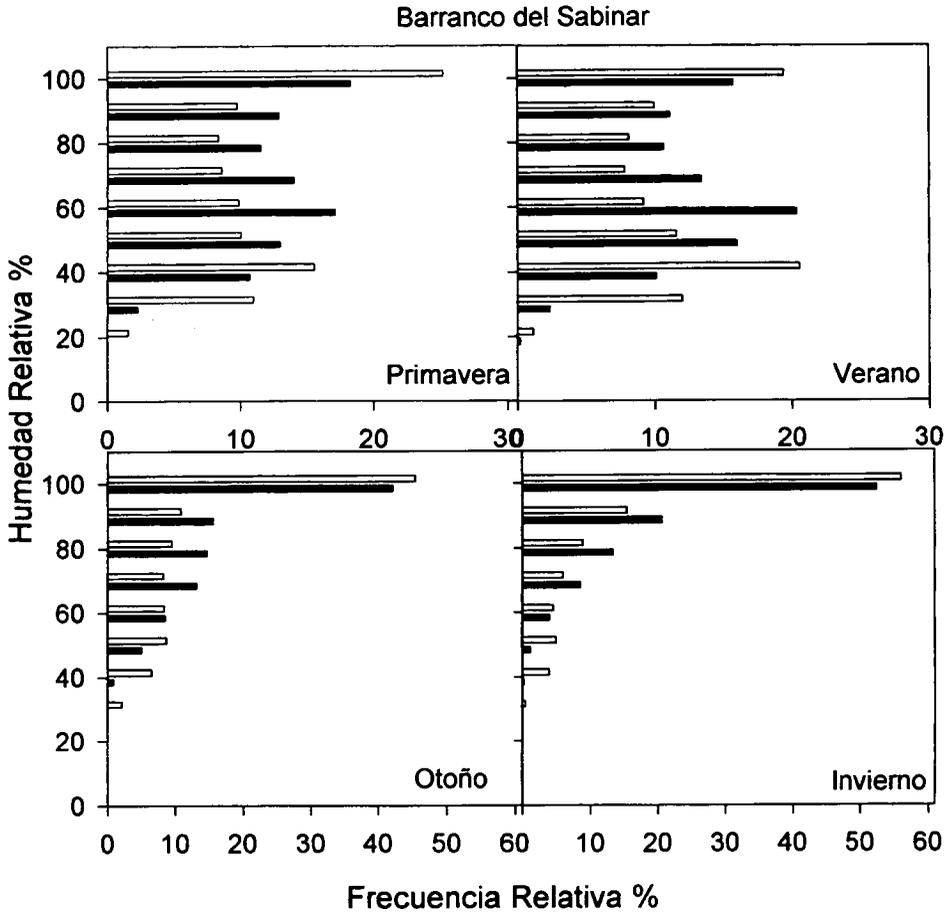
Fuente: Souza-Egipsy & Sancho 2001

Fig. 7 Frecuencia relativa, en porcentaje del tiempo total en cada estación, de la radiación fotosintéticamente activa registrada en el Barranco del Sabinar (localidad costera). Barras blancas, sensor situado en horizontal; barras negras, sensor orientado al NE.



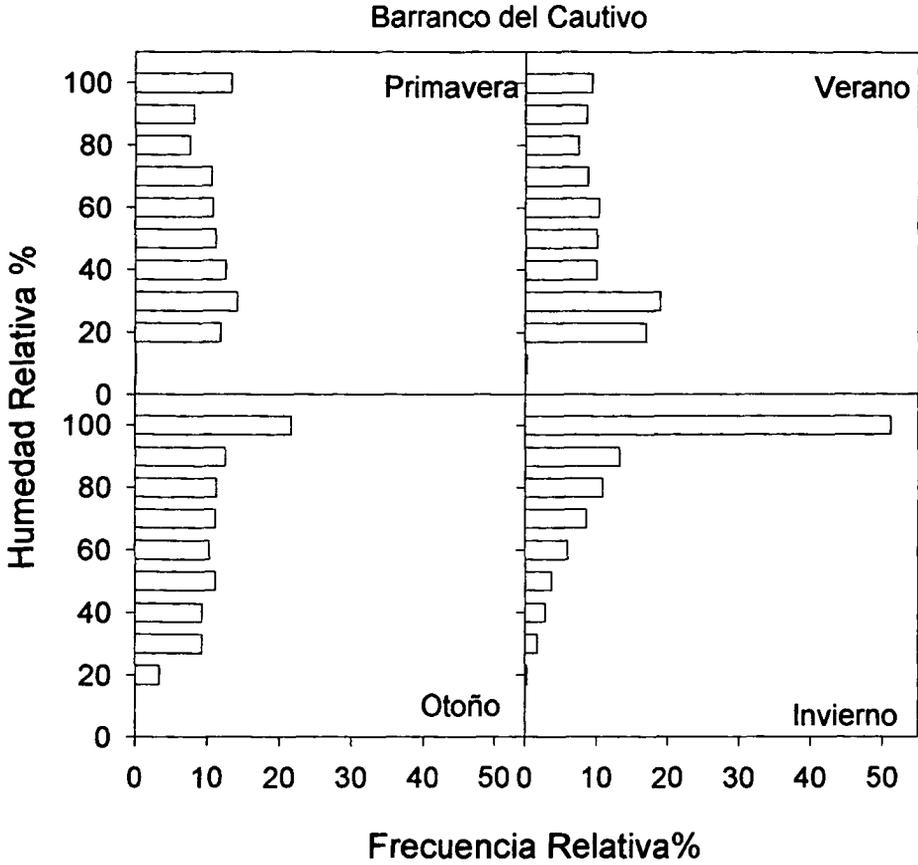
Fuente: Souza-Egipsy & Sancho 2001

Fig. 8 Frecuencia relativa, en porcentaje del tiempo total en cada estación, de la intensidad de radiación registrada en la ladera orientada al E en el Barranco del Cautivo (localidad interior).



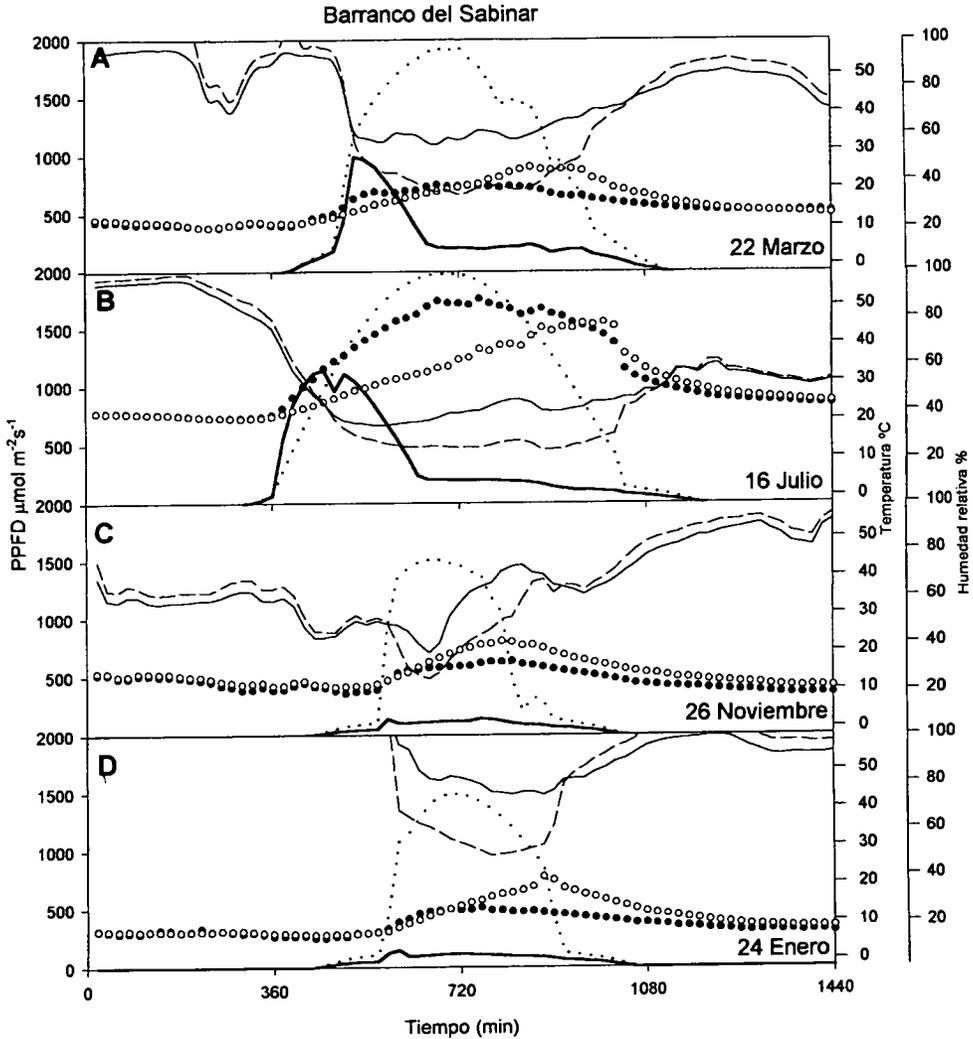
Fuente: Souza-Egipsy & Sancho 2001

Fig. 9 Frecuencia relativa, en porcentaje del tiempo total en cada estación, de la humedad relativa registrada en el Barranco del Sabinar (localidad costera). Barras blancas, sensor situado en horizontal; barras negras, sensor orientado al NE.



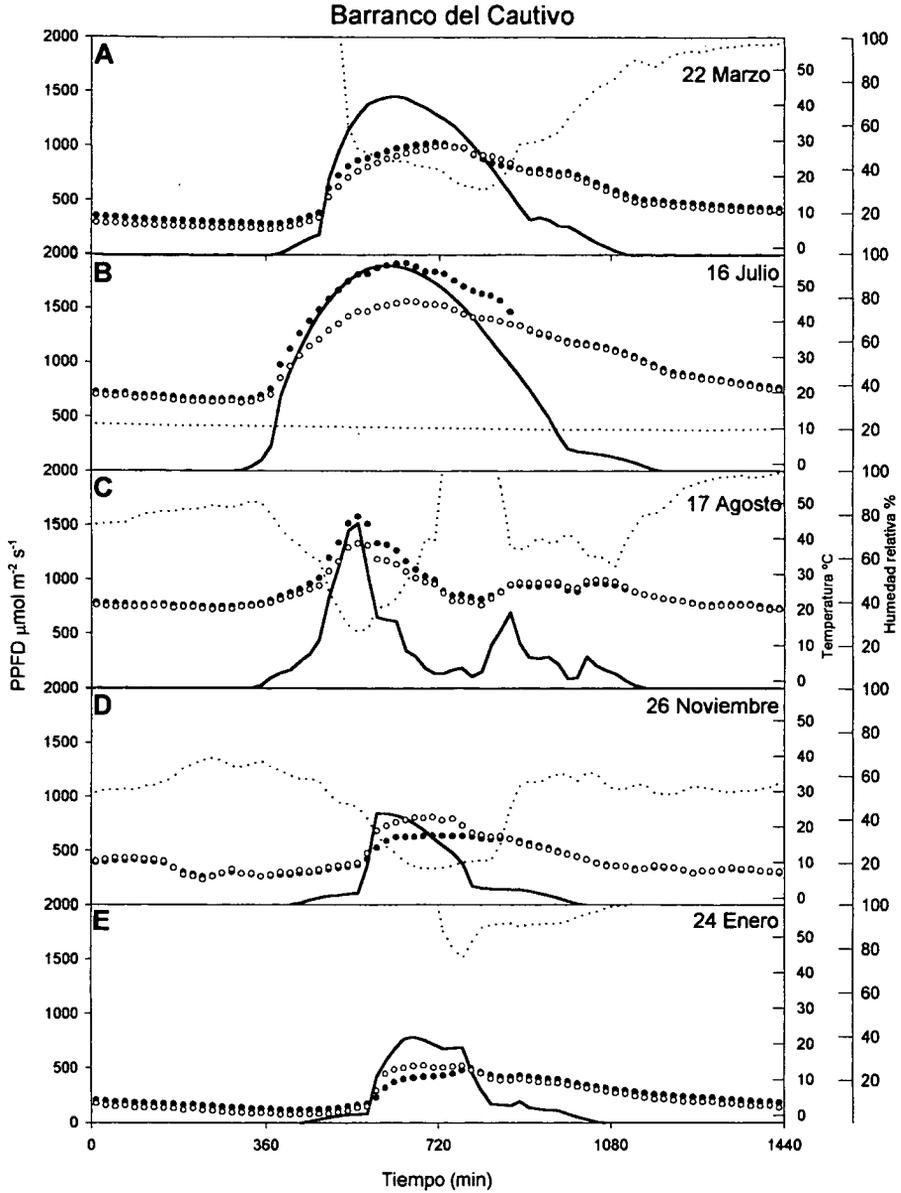
Fuente: Souza-Egipsy & Sancho 2001

Fig. 10 Frecuencia relativa, en porcentaje del tiempo total en cada estación, de la humedad relativa registrada en la ladera orientada al E, en el Barranco del Cautivo (localidad interior).



Fuente: Souza-Egipsy & Sancho 2001

Fig. 11 Variaciones microclimáticas diarias en el Barranco del Sabinar (localidad costera) en diferentes estaciones. Línea fina continua, humedad relativa registrada por el sensor situado en horizontal, línea discontinua, humedad relativa registrada por el sensor orientada al NE. Línea gruesa continua, intensidad de radiación registrada por el sensor situado en horizontal, línea punteada, intensidad de radiación registrada por el sensor con orientación NE. Círculos blancos, valores de temperatura registrados por el talo de *Xanthoria parietina* orientado al NO, círculos negros, valores registrados por el talo de *Parmelia pulla* orientado al NE.



Fuente: Souza-Egipsy & Sancho 2001

Fig. 12 Variaciones microclimáticas diarias en la ladera orientada al E en el Barranco del Cautivo (localidad interior) en diferentes estaciones. Línea punteada, humedad relativa. Línea continua, radiación fotosintéticamente activa. Círculos blancos, valores de temperatura registrados por el talo de *Diploschistes diacapsis*, círculos negros, valores registrados por el talo de *Parmelia pokorny*.