

## BIOLOGÍA VEGETAL

### LA MACROFLORA MARINA DE LA ANTÁRTIDA CARECE DE LAMINARIALES

La región biogeográfica Antártica comprende el continente antártico y los archipiélagos situados al sur de la Convergencia Antártica (Shetlands del Sur, Orcadas del Sur, Georgias del Sur e Isla Bouvet). La Convergencia Antártica es una corriente circumpolar que constituye una neta barrera hidrográfica y biogeográfica. La temperatura del agua del mar oscila, a lo largo del año, entre  $-1.8^{\circ}\text{C}$  y  $1^{\circ}\text{C}$ , alcanzándose los valores más altos en las costas de las Georgias del Sur ( $3.7^{\circ}\text{C}$ ).

La flora de algas marinas de la Antártida contiene alrededor de 100 especies, de las que cerca de un tercio son endémicas de la Antártida. Aunque el número total de especies sea similar al encontrado en zonas del Artico (109 especies en Groenlandia, y 120 en Nueva Zembla), en el Artico el porcentaje de endemismos es de solo un 5%. Esto se explica porque la Antártida es más longeva que el Artico como un habitat de aguas frías, y a la falta de conexiones costeras con zonas templado-frías, a diferencia del Artico, que se haya rodeado de grandes masas continentales.

La vegetación infralitoral de la Antártida se caracteriza por formaciones frondosas de algas pardas de gran porte (varios metros de longitud en *Himantothallus* y *Desmarestia*). En mares templado-fríos de todo el planeta se presentan comunidades fisiónómicamente similares cuyos miembros pertenecen al orden Laminariales. Hasta hace algunos años *Himantothallus* era incluido en este último orden, constituyendo el único miembro de las

Laminariales presente en la Antártida. No obstante, cuando se pudo estudiar su ciclo biológico en cultivo se comprobó que los estadios juveniles del esporófito presentaba caracteres típicos del orden Desmarestiales (por ejemplo, crecimiento tricotático, en vez de la presencia de un meristemo intercalar, como en Laminariales [Moe y Silva, *Science*, **196**, 1206 (1977)]. Estos resultados se confirmaron con los estudios de la fase gametofítica llevados a cabo por Wiencke y Clayton, [*Phycologia*, **29**, 9 (1990)].

La inclusión de *Himantothallus* en Desmarestiales llevó a la conclusión de que la Antártida es la única zona de aguas frías del planeta que carece de Laminariales. Un plan morfológico consistente en zona de fijación, estipe y lámina (como en Laminariales e *Himantothallus*) supone una configuración óptima para dar lugar a formaciones frondosas submarinas. Esta morfología evolucionó independientemente en estos grupos, así como en algunas especies de *Durvillaea* (orden Durvillaeales) y en el género monotípico *Ascoseira mirabilis* (orden Ascoseirales), también presentes en la Antártida.

Puesto que las comunidades de Laminariales presentan una alta diversidad específica e importancia ecológica notable, cabe sospechar que estas mismas características se presentan en las comunidades de Desmarestiales de la Antártida. No obstante, en la actualidad se carecen de datos ecológicos de las comunidades de Desmarestiales.

A. Flores (Profesor Ayudante).

visto afectado por la actividad humana. Así, su concentración ha crecido desde las 280 partes por millón al comienzo de la era industrial, hasta las actuales 380 partes por millón. Hay incluso estudios que predicen una duplicación de la concentración del  $\text{CO}_2$  durante la primera mitad del próximo siglo, lo que constituye el nivel más elevado desde los últimos 160.000 años.

Ante la perspectiva del aumento, relativamente vertiginoso, de la concentración del anhídrido carbónico en la atmósfera, los científicos han tratado de predecir las alteraciones en la estructura y función del ecosistema que se derivarían de dicho cambio. De esta forma, se han llevado a cabo gran número de experimentos encaminados a describir la respuesta del mundo vegetal (principal implicado en la circulación de gases y agua en el ecosistema). Por otro lado, se ha intentado determinar el posible papel amortiguador de las plantas al actuar como contenedor del exceso de carbono. George Bowes presenta una amplia revisión del estado actual de las investigaciones en este campo, en su artículo *Facing the Inevitable: Plants and Increasing Atmospheric  $\text{CO}_2$*  [*Plant Physiol.*, **44**, 309 (1993)].

En principio cabe pensar que un aumento del sustrato principal de la fotosíntesis ( $\text{CO}_2$ ) tendría un efecto fertilizador en las plantas. El anhídrido carbónico penetra por difusión en el interior de la planta a través de los estomas, llegando finalmente a los cloroplastos, donde es incorporado a la materia orgánica mediante una reacción enzimática de carboxilación. En dicha reacción participa el enzima ribulosa bifosfato carboxilasa-oxigenasa (rubisco), capaz de unir también  $\text{O}_2$  en su centro activo. Aproximadamente el 95% de las especies vegetales terrestres son plantas tipo  $\text{C}_3$ , en las que el producto final de la carboxilación son dos azúcares de tres átomos de carbono. La concentración de  $\text{CO}_2$  en el interior de los cloroplastos en dichas plantas es aproximadamente  $5\ \mu\text{M}$ , inferior a la constante de semisaturación de la Rubisco, mientras que la concentración de  $\text{O}_2$  es aproximadamente  $240\ \mu\text{M}$ . El  $\text{O}_2$  compite con el  $\text{CO}_2$  por el centro activo de la rubisco, lo que supone una pérdida de rendimiento de la fotosíntesis por fotorrespiración.

Se puede pensar que el aumento de la concentración de  $\text{CO}_2$ , con el consiguiente aumento de la proporción  $\text{CO}_2/\text{O}_2$ , disminuirá la fotorrespiración y aumentará las tasa fotosintéticas en este grupo de plantas. Además, la entrada del  $\text{CO}_2$  a través de los estomas representa un coste energético, dado que en el proceso de intercambio de gases se pro-

## ECOLOGÍA

### LA FOTOSÍNTESIS EN UN AMBIENTE ENRIQUECIDO EN $\text{CO}_2$

El Hombre tiene la virtud de transformar el ambiente en que vive, lo que forma parte de su continuo proceso de conquista (que algunos califican, no con exagerado optimismo, de apocalíptico). Baste un ejemplo para demostrarlo: la concentración del  $\text{CO}_2$  atmosférico ha cambiado a lo largo de períodos geológicos, en procesos que se han extendido en el

tiempo a través de miles de años. Desde el comienzo de la era industrial, en tan solo unos decenios, la actividad humana (o más exactamente, la actividad de una parte de la Humanidad) ha producido un cambio en la concentración del  $\text{CO}_2$  atmosférico, de magnitud similar a aquellos. De hecho se afirma que este es el componente atmosférico que más se ha

duce la pérdida de entre 100 y 400 moléculas de agua. El incremento del  $\text{CO}_2$  podría suponer un freno a las pérdidas de agua al reducir la apertura estomática.

El predicho efecto positivo del incremento del  $\text{CO}_2$  sobre el crecimiento vegetal, se ha puesto de manifiesto experimentalmente en al menos 30 especies C3: cuando estas plantas se cultivaron en un ambiente rico en  $\text{CO}_2$  aumentaron su peso total en aproximadamente un 30%. Además, el cultivo en tales ambientes llevó en algunos casos a una variación de la morfología de la planta (tales como una alteración de la razón raíz:tallo). Se ha comprobado igualmente que el aumento de la fotosíntesis es una respuesta común en vegetales que crecen en ambientes ricos en  $\text{CO}_2$ , aunque también es frecuente que la planta retorne a los niveles iniciales de fotosíntesis después de un tiempo, en una respuesta típica de aclimatación. Es decir, el efecto sobre la fotosíntesis del incremento del anhídrido carbónico termina diluyéndose al cabo del tiempo. Esta respuesta se atribuye al hecho de que el incremento de la fotosíntesis se traduce en un exceso de almidón lo que entorpece el funcionamiento normal de los orgánulos, o bien a que el ritmo de reciclado de otros elementos (como el fósforo) frenaría la fotosíntesis. En último término, la fertilidad del hábitat y la disponibilidad hídrica limitan la disponibilidad de nutrientes en el ecosistema de forma que, cuando la disponibilidad de nutrientes, luz o agua es escasa, es de esperar que el efecto del aumento del  $\text{CO}_2$  sea débil.

En torno al 1% de las especies vegetales terrestres son C4. Estas se caracterizan por presentar un mecanismo de concentración de carbono que permite mantener altas concentraciones de  $\text{CO}_2$  alrededor del centro activo de la Rubisco, lo que evita la pérdida de energía por fotorrespiración. Es de esperar por lo tanto (y así se ha comprobado experimentalmente), que el incremento del  $\text{CO}_2$  atmosférico afecte sólo levemente al crecimiento y la fotosíntesis en estas plantas.

El hecho de que el aumento de la concentración de  $\text{CO}_2$  afecte positivamente a plantas C3 y apenas tenga efecto sobre el grupo de las C4, ha llevado a pensar en una alteración de las relaciones competitivas entre ambos grupos de plantas. En este sentido, se ha afirmado que el cambio atmosférico supondrá una ventaja de las especies C3 sobre las C4. Sin embargo, habría que considerar que en la mayoría de los casos el  $\text{CO}_2$  no es el factor principal que determina las relaciones de competencia entre las especies vegetales. Ade-

más, los experimentos de competencia llevados a cabo en ambientes con alto  $\text{CO}_2$  son muy escasos, con resultados difícilmente extrapolables al medio natural.

Muchos de los experimentos de enriquecimiento con  $\text{CO}_2$ , se han realizado con especies vegetales terrestres, habiéndose prestado menos atención a los efectos sobre los ecosistemas costeros, regiones altamente productivas. La mayoría de las especies vegetales acuáticas usan como fuente de carbono para la fotosíntesis tanto  $\text{HCO}_3^-$  como  $\text{CO}_2$ . También es frecuente entre las especies acuáticas la presencia de mecanismos de concentración de carbono. El pH del agua de mar es 8,2 y la concentración de  $\text{CO}_2$  se sitúa entre 8 y 19  $\mu\text{M}$  (en un intervalo de temperatura desde 35 hasta 5°C). Según un estudio, con una concentración de 700  $\mu\text{bares}$  de  $\text{CO}_2$  en el aire, el  $\text{CO}_2$  en la superficie del mar podría doblarse, mientras que el bicarbonato podría elevarse sólo el 6% (desde 2,2 hasta 2,34 mM). Así, una duplicación de la concentración del  $\text{CO}_2$  apenas tendrá consecuencias para las especies capaces de usar bicarbonato ni para aquellas que presenten un mecanismo de acumulación de carbono; las principales beneficiadas serían aquellas que usan  $\text{CO}_2$  como única fuente de carbono. Se puede vaticinar por tanto una alteración de las relaciones competitivas entre las especies acuáticas. En experimentos con macroalgas, se ha demostrado que el cultivo en condiciones de alta concentración de  $\text{CO}_2$  da lugar a un aumento del crecimiento, aunque en general, la concentración del  $\text{CO}_2$  usada en estos experimentos (entre 100 y 1000 veces superior a la real) hace dudar de la validez predictiva de tales observaciones. En general, la variabilidad del pH y del carbono inorgánico disuelto en las aguas dulces, el uso del bicarbonato y la plasticidad de las plantas unido a la escasez de datos experimentales adecuados, dificulta cualquier predicción.

La capacidad predictiva del biólogo se ve en todo momento limitada por la propia naturaleza de lo que constituye el objeto de su investigación: los organismos desarrollan una gama muy variada de respuestas y estrategias, muchas de ellas inesperadas. La pregunta sobre los efectos a escala planetaria en el ecosistema del aumento de la concentración del  $\text{CO}_2$  carece de respuesta científica válida ... y quizás hasta de sentido biológico.

**J. Mercado (Becario de Investigación).**

## NOTICIAS

### Atracción fatal

*Myxococcus xanthus* es una bacteria Gram-negativa que se encuentra en suelos húmedos, excrementos y en otros lugares ricos en materia orgánica. Esa bacteria es "depredadora" en el sentido de que se alimenta de otros microorganismos a los que mata y digiere extracelularmente mediante la producción de antibióticos y enzimas degradativas. Una de las "presas" favoritas de *Myxococcus* es el colibacilo (*Escherichia coli*), muy abundante en los excrementos. El problema está en que el colibacilo puede desplazarse, gracias a sus flagelos, mucho más rápido que *Myxococcus*. Por ejemplo, en agar al 0.3%, el colibacilo alcanza velocidades de un milímetro por minuto, mientras que *Myxococcus* apenas recorre 20 micrómetros en ese tiempo. ¿Qué posibilidad tiene el depredador de alcanzar su presa? Muchas, según el descubrimiento hecho por dos biólogos californianos [Shiy Zusman, *Nature*, 366, 414 (1993)]. Cuando se colocan próximas en un cultivo colonias de *Myxococcus* y colibacilos, éstos se desplazan rápidamente hacia los primeros, donde son lisados y digeridos. Cepas mutantes de colibacilos carentes de los genes responsables del quimiotactismo (el desplazamiento hacia una sustancia química atrayente) no mostraron este comportamiento. La conclusión es que *Myxococcus*, cuando carece de alimento, produce una sustancia atractiva para los colibacilos. Aunque se desconoce la naturaleza de esta sustancia, probablemente se trate de aminoácidos. *Myxococcus* es el primer ejemplo de una bacteria que se aprovecha del comportamiento quimiotáctico de otro microorganismo para sus propios fines.

### Leones con moquillo

Desde febrero de este año, la población de leones del Parque Nacional del Serengeti, en Tanzania, se ha visto atacada por una epidemia de graves consecuencias. Los leones afectados presentaban convulsiones y movimientos espasmódicos, eran incapaces de mantenerse en pie y alimentarse. Los casos más severos acababan con la muerte del animal, aunque otros animales lograron recuperarse espontáneamente. Aproximadamente unos 60 leones han muerto en cinco meses, de una población total de unos 3.000. El agente de la epidemia