

tras someterse a un largo tiempo a oscuridad. En este caso, el hambre sería de luz. El siguiente esquema (figura

2) sintetiza todos los procesos fisiológicos desencadenados durante la hambruna de un organismo.

CUANTA MÁS SEQUÍA... ¡MÁS VERDE AMAZONÍA!

Miguel Ángel Medina Torres

Profesor del Departamento de Biología Molecular y Bioquímica de la Universidad de Málaga

Me veo obligado a disculparme por el ripio que da título a esta contribución a *Encuentros en la Biología* y que —conscientemente— trata de imitar uno de esos simplones pareados que suelen tomarse como *lemas* que gritar, corear, cantar... pregonar en una manifestación. Me disculpo... pero no lo retiro: todo en aras de llamar la atención al potencial lector de lo que sigue...

No cabe duda alguna de que en los últimos tiempos el *cambio climático* es uno de los temas científicos que más repercusión está teniendo en la sociedad, a través de su publicitación por los medios de comunicación de masas. A ello contribuyen, en no escasa medida, las campañas de concienciación tan conscientemente alarmistas como la recientemente emprendida por Greenpeace, con recreaciones dramáticas del impacto que en determinados ámbitos urbanos y naturales de nuestro país puede tener a medio plazo el «calentamiento global» al que numerosos indicios experimentales muestran que tiende la dinámica climática actual de nuestro planeta Tierra. El «cambio climático» es un tema recurrente actualmente en las agendas de lo políticamente correcto para todo tipo de instituciones; y así, durante el año que ahora termina, raro ha sido el ciclo de cursos universitarios de verano en el que no figure al menos una ponencia (cuando no todo un curso) sobre el tema. No es para menos, dado su carácter de fenómeno global, con posibles repercusiones a muy distintas escalas y un previsible impacto medioambiental de proporciones apenas sospechadas. Sin duda, estamos ante un tema serio que exige estudios desapasionados y rigurosos.

En el comunicado de prensa por el cual el Comité Nobel Noruego hizo pública el 12 de octubre la concesión del premio Nobel de la Paz 2007 al Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) y a Albert Arnold Gore, se justifica tal concesión *por sus esfuerzos para construir y diseminar un mayor conocimiento acerca del cambio climático causado por el hombre y a establecer las bases para las medidas que se requieren para contrarrestar tal cambio*. Como la línea editorial de esta revista no admite los artículos meramente de opinión, evito explicitar qué opinión merecen los premios Nobel de la Paz, el premio de 2007 en particular o ese pintoresco personaje que representa el exvicepresidente de los Estados Unidos de Norteamérica reconvertido en misionero de su «verdad incómoda». Lo que sí es científicamente contrastable es la seria labor

de recopilación y análisis de las pruebas científicas acumuladas en torno al fenómeno del cambio climático llevada a cabo por el IPCC.

El IPCC fue fundado y establecido por el Programa Medioambiental de Naciones Unidas (UNEP) y la Organización Meteorológica Mundial (WMO) en 1988 para proporcionar a los órganos de decisión política (nacionales e internacionales) resúmenes neutrales de la más reciente información disponible acerca del cambio climático antropógeno. Con su sede central en Ginebra (Suiza), pero abierto a cualquiera de los cerca de 200 estados que pertenecen a la ONU, el IPCC funciona a través de sus tres grupos de trabajo, centrados en la ciencia, el impacto y la mitigación del cambio climático, más una unidad especializada en desarrollar inventarios de gases de efecto invernadero. Los hallazgos del IPCC se explicitan mediante la publicación (con una periodicidad aproximadamente quinquenal) de unos informes que sintetizan los puntos de vista de los diferentes grupos de trabajo y unidades del IPCC. El que será el cuarto informe desde su fundación está anunciado para finales de 2007. De hecho, a mediados de noviembre de 2007 (fecha de redacción de esta comunicación), el IPCC reúne en Valencia a unos 600 expertos para aprobar dicho informe de síntesis, del cual ya han trascendido a la prensa las conclusiones básicas: 1ª) El calentamiento global es *inequívoco*. 2ª) La Tierra se ha calentado 0,74 °C durante los últimos 100 años. 3ª) Los recientes cambios *han influido ya* en muchos sistemas fisicoquímicos y biológicos. 4ª) Los cambios tienen *muy probablemente* (o en buena medida) un origen humano. 5ª) Para las próximas dos décadas se prevén tasas de calentamiento de 0,2 °C por década. 6ª) El sur de Europa es particularmente *muy vulnerable*. 7ª) Los impactos *son inevitables* debido a las emisiones pasadas. 8ª) Las medidas que se deberían aplicar para corregir estas tendencias costarían aproximadamente un 0,1% del PIB mundial cada año.

El análisis científico del cambio climático exige disponer de herramientas precisas y sofisticadas de múltiples variables climáticas y medioambientales. Pero dichas determinaciones *actuales* sólo permitirían describir el estado *actual* de la cuestión. A los científicos se nos suele exigir, además, cierta capacidad *predictiva*. En este caso, la capacidad predictiva se puede conseguir mediante estudios diacrónicos que analicen las tendencias

de cambio con el tiempo en el pasado, más la elaboración de modelos numéricos a gran escala capaces de simular las tendencias del cambio climático y de identificar plausibles escenarios futuros alternativos.

Pues bien (y ya vamos acercándonos a la explicación o justificación del título de esta contribución), los modelos numéricos a gran escala disponibles que simulan las interacciones entre los cambios climáticos globales y la vegetación terrestre predicen una considerable pérdida de carbono de los ecosistemas tropicales (Friedlingstein *et al.* 2006, *J. Clim.* **19**: 3337). En particular, estos modelos predicen el colapso de la selva amazónica inducido por la sequía y su conversión a nuevas sabanas (Betts *et al.*, 2004, *Theor. Appl. Climat.* **78**: 157). Este colapso de las selvas amazónicas simulado por los modelos disponibles no es exclusivamente una consecuencia de la sequía inducida por el cambio climático sino también de la amplificación (mediante retroalimentación positiva) causada por la respuesta fisiológica de la propia selva: la vegetación limitada por los recursos hídricos responde rápidamente a la sequía inicial disminuyendo sus tasas de transpiración (y, con ellas, las de fotosíntesis), lo cual contribuye a exacerbar la sequía interrumpiendo el aporte de agua que, de otra forma, habría contribuido a incrementar el componente de reciclado de las precipitaciones. En este punto, encontramos una vía de contrastación de los escenarios «predichos» en la simulaciones con las observaciones reales: en efecto, este mecanismo de retroalimentación fisiológico reconocido en las simulaciones con los modelos disponibles *debería* ser observable en la realidad como reducciones a corto plazo en las tasas de transpiración y fotosíntesis en respuesta a una sequía *real*. Un brevísimo pero impactante artículo recientemente publicado en *Science* da cuenta de la primera contrastación científica de estas «predicciones» obtenidas mediante las simulaciones de los modelos disponibles con los cambios reales detectados a corto plazo como consecuencia de la sequía en la selva amazónica (Saleska *et al.*, 2007, *Science* **318**: 612). Los autores emplearon observaciones sofisticadas desde satélites para determinar si una sequía que afectase a la Amazonía produciría realmente la esperada reducción de la fotosíntesis global. En concreto, los autores tuvieron acceso a los datos aportados por el *Espectrorradiómetro de Imágenes de Resolución Moderada* (MODIS) con el que iba equipado el satélite Terra, puesto en órbita circunferentea en 1999. Uno de los índices cuantitativos que aporta MODIS es el *índice de vegetación incrementado* («enhanced vegetation index», EVI), que conjuga el área global de hoja y el contenido en clorofila de forma tal que no se satura incluso cuando se aplica a

bosques tan densos como la selva amazónica. Haciendo las adecuadas correcciones para eliminar los efectos de las nubes y de los aerosoles atmosféricos, el índice EVI permite hacer un seguimiento de la tasa global fotosintética de una superficie arbolada con una calidad y precisión de datos comparable a los obtenidos en mucho más complejas y costosas medidas de campo sobre el terreno.

La primera ocasión en que se pudo poner a prueba la predicción de los modelos mediante la determinación directa de cambios en el índice EVI aportado por MODIS desde la fecha de la puesta en órbita de Terra fue durante la extensa e intensa sequía que padeció la Amazonía en 2005 (Aragão *et al.*, 2007, *Geophys. Res. Lett.* **34**: L07701). Los resultados obtenidos por los autores permitían discriminar dos tipos muy diferentes de respuestas a la sequía, una situación no «prevista» por los modelos a gran escala. Por una parte, las determinaciones hechas sobre las áreas periféricas más intensamente afectadas por la actividad humana confirmaban la predicción única de los modelos a gran escala, esto es, en dichas zonas se producía la esperable disminución en la tasa global fotosintética como respuesta a la sequía. Por contra, las determinaciones hechas sobre zonas selváticas esencialmente intactas mostraron un resultado sorprendente y «no previsto» en las simulaciones de los modelos disponibles: como respuesta a la sequía, la tasa de fotosíntesis global no sólo no disminuía sino que aumentaba de una forma significativa y consistente. En otras palabras, la sequía parecía producir un efecto de *reverdecimiento* de las selvas intactas, al cual alude el título elegido para esta comunicación. Estos resultados permiten extraer una serie de conclusiones y enseñanzas, de las cuales no es la más pequeña el señalar que los modelos actuales de predicción a gran escala de los efectos de los cambios climáticos globales están lejos de ser óptimos o incluso suficientemente precisos como para dar un definitivo margen de confianza a las «predicciones» que se derivan de sus simulaciones. Esto debe ser considerado también una llamada de atención al IPCC para que pondere a la baja el peso relativo que actualmente dan a las «predicciones» aportadas por los modelos disponibles a la hora de extraer conclusiones «científicamente relevantes». Desde la perspectiva del conocimiento básico, quizás la más relevante y hermosa enseñanza de este estudio es que las observaciones en las que se basa sugieren que la Amazonía (al menos, en sus zonas intactas) puede ser mucho más *robusta* y *'resilente'* (al menos, en cuanto a su respuesta a corto plazo a anomalías climáticas) que lo que muchos modelos actuales suponen.