



## **Acoplamiento de los ciclos hidrobiogeoquímicos del carbono y nitrógeno en cuencas lacustres de alta montaña durante episodios hidrológicos intensos, estima de su peso relativo en los balances de masa anuales y posibles implicaciones del cambio climático**

**Entidad en la que se desarrolla el proyecto:** CSIC. Centro de Estudios Avanzados de Blanes

**Investigador Principal:** Luis Camarero Galindo - CSIC. Centro de Estudios Avanzados de Blanes (CEAB)

**Parque Nacional donde se ubica el estudio:** Parque Nacional de Aigüestortes i Estany de Sant Maurici

**Palabras clave:** ciclos biogeoquímicos, carbono y nitrógeno, episodios hidrológicos abruptos, cuencas de alta montaña, cambio climático.

**Organismo cofinanciador:** Organismo Autónomo Parques Nacionales

**Inicio:** 11/12/2008 - **Fin:** 11/12/2011

### **SINOPSIS**

El objetivo general del proyecto fue determinar las relaciones entre clima, hidrología y biogeoquímica en cuencas de alta montaña, utilizando para ello la cuenca piloto de Contraix en el Parque Nacional de Aigüestortes i Estany de Sant Maurici. Se ha prestado especial atención a dos aspectos: los episodios hidrológicos intensos (deshielo y crecidas) y los procesos que afectan al carbono (C) y el nitrógeno (N). Los dos pilares metodológicos de este proyecto son el modelado hidrológico y la determinación de tasas de diversos procesos biogeoquímicos a partir de las concentraciones de los solutos de interés en el agua, con frecuencia de muestreo alta (sub-horaria). En el apartado hidrológico, se han introducido mejoras en el modelo hidrológico distribuido TETIS para adaptarlo a las características de las cuencas de alta montaña. Desde el punto de vista biogeoquímico, se ha profundizado en el conocimiento de algunos procesos relacionados con los ciclos del C y N en estas cuencas: se han utilizado datos obtenidos a alta frecuencia y teniendo en cuenta la heterogeneidad espacial de la cuenca para mejorar las estimas de las tasas de secuestro de CO<sub>2</sub> en reacciones de meteorización, se han localizado las zonas donde tienen lugar las mayores tasas de meteorización y el mayor consumo de los aportes atmosféricos de C y N y se han obtenido unas primeras estimas de esta tasa de consumo, se han recabado nuevos datos sobre el posible control de la disponibilidad de carbono orgánico disuelto (DOC) sobre el procesado de N en la cuenca, y se ha determinado la evolución cuantitativa y cualitativa del DOC en el espacio y en el tiempo. Como trabajo de síntesis, se ha propuesto una metodología para proyectar los cambios en el funcionamiento biogeoquímico debidos a escenarios hipotéticos de cambio climático.



### ALGUNOS FRAGMENTOS QUE NOS PUEDEN ACERCAR AL CONTENIDO DEL PROYECTO

El régimen hidrológico, esto es, la disponibilidad de agua y la manera en que ésta circula, ejerce un control primario sobre las reacciones biogeoquímicas que tienen lugar en las cuencas hidrológicas. A su vez, la hidrología depende fundamentalmente del clima, siendo la temperatura y la precipitación los dos factores climáticos con mayor peso. A través de la hidrología es posible por tanto establecer una conexión entre el clima y el funcionamiento biogeoquímico de los ecosistemas que albergan las cuencas hidrológicas. En este proyecto se ha prestado especial atención a dos aspectos: 1) los episodios hidrológicos intensos (deshielo y crecidas), de gran peso en el balance hidrológico, pero que por su carácter abrupto a menudo tienden a estar poco representados en los muestreos de seguimiento habituales; y 2) los procesos que afectan al carbono (C) y al nitrógeno (N), como elementos fundamentales no sólo en las cuencas de montaña, sino a una escala global.

Los eventos pluviométricos y nivales intensos constituyen los mecanismos más importantes que favorecen el lavado de partículas, nutrientes y contaminantes desde la cuenca de drenaje hacia los sistemas fluviales. En consecuencia, la ocurrencia, frecuencia y magnitud de estos eventos tienen un papel fundamental en la biogeoquímica de estos ecosistemas y por tanto en la calidad química de las aguas continentales. Debido a las implicaciones directas en la calidad de los recursos hídricos y a raíz de las severas alteraciones climáticas que se prevén en la península Ibérica, como el incremento de las temperaturas y la evapotranspiración, disminución de las precipitaciones, disminución de los eventos nivales y de la duración de la cubierta de nieve estacional y períodos de sequías más acusados, el estudio de los cambios químicos de las aguas fluviales durante las crecidas está adquiriendo cada vez una mayor importancia y repercusión social. De aquí que numerosos científicos estimulen a la comunidad de biogeoquímicos a instaurar programas de monitoreo hidrobiogeoquímico a largo plazo con una alta frecuencia de muestreo para poder capturar la variabilidad biogeoquímica real de los ecosistemas fluviales.

El carbono y el nitrógeno son dos elementos fundamentales para la biosfera como componentes mayoritarios de la materia viva. La disponibilidad de ambos en los ecosistemas naturales se ha visto muy alterada a raíz de la actividad humana a escala global y, presuntamente, del cambio climático. Las emisiones humanas a la atmósfera de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (debidas sobre todo a la quema de combustibles fósiles) y amoníaco (por prácticas de ganadería y agricultura intensivas) han acelerado la puesta en circulación de C y N en sus respectivos ciclos globales. Unos de los principales efectos son la acumulación de CO<sub>2</sub> atmosférico hasta niveles nunca antes alcanzados en los últimos 400.000 años y la saturación de nitrógeno en los ecosistemas, causante de problemas de acidificación y eutrofización. Pese a la abundancia de estudios biogeoquímicos centrados en el C y el N, apenas se ha estudiado el acoplamiento entre ambos, y se ignora en gran medida la magnitud de las influencias mutuas. El estudio de esta



dinámica es importante para entender los ciclos del C y del N, evaluar los cambios en dichos ciclos, y observar la respuesta de los ecosistemas a los cambios. Estos conocimientos son la base para mejorar la gestión de la calidad de las aguas dulces, tanto para el consumo humano como para mantener su calidad ecológica.

A modo de ejemplo sobre los resultados del proyecto, se presentan aquí las simulaciones obtenidas considerando el escenario A2. Un efecto muy previsible es un acortamiento significativo del deshielo, del orden de uno o dos meses, y con caudales de menor magnitud. A la luz de los resultados de los análisis biogeoquímicos, esta reducción del deshielo podría favorecer un aumento de la concentración de carbono orgánico disuelto (DOC) en circulación, pero consistente en moléculas de menor tamaño y más biodisponibles para la microbiota fluvial, como ocurre en verano y otoño. Ello implicaría que estas moléculas serían degradadas o respiradas más rápidamente y recorrerían por tanto distancias más cortas. El efecto general sobre la red fluvial sería una menor disponibilidad de carbono orgánico asimilable en los tramos inferiores de los ríos, con la consiguiente limitación para la actividad microbiana, singularmente para la desnitrificación. Además, se ha observado que el lixiviado de nitrato aumenta en estas condiciones más estivales. Hipotéticamente, estos dos efectos se sumarían para disminuir la capacidad de procesamiento de nitrógeno en estas cuencas.