

# Laboratorio de Biogeoquímica, un espacio dedicado al estudio de los ecosistemas



Salvador  
Sánchez  
Carrillo



José Luis  
Ayala



Miguel  
Álvarez-  
Cobelas





**“El estudio del funcionamiento de los ecosistemas requiere de un análisis pormenorizado de la química de sus compartimentos en el tiempo y en el espacio para ver cómo estos intercambian materia, energía e información”**

### Qué es la biogeoquímica

La biogeoquímica es la disciplina científica que estudia los procesos y reacciones biológicos, químicos, físicos, y geológicos, que rigen la composición del medio natural (incluyendo la biosfera, la criosfera, la hidrosfera, la pedosfera, la atmósfera y la litosfera). En particular, la biogeoquímica estudia los ciclos de elementos químicos como el carbono, el nitrógeno y el fósforo, sus interacciones e incorporación en los seres vivos y su transporte a través de los sistemas biológicos a escala tanto microscópica como global. Es decir, su actividad se centra en los ciclos de los elementos químicos que son conducidos por la actividad biológica o tienen un impacto en ella. La biogeoquímica es una ciencia de sistemas estrechamente relacionada con la ecología de sistemas.

Se considera como el fundador de la biogeoquímica al científico ruso Vladimir Vernadsky, cuyo libro “Biosfera”, publicado en 1926

en el contexto de la tradición de Mendelejev (creador de la tabla periódica de los elementos), formula la física de la Tierra como la de un ente viviente. El limnólogo americano G. Evelyn Hutchinson amplió el alcance y los principios de este nuevo campo y, más recientemente, los elementos básicos de esta disciplina se han actualizado con el análisis de los efectos

***“La biogeoquímica se centra en los ciclos de los elementos químicos que tienen un impacto en la actividad biológica y está estrechamente relacionada con la ecología de sistemas”***

Patrones de la curva de calibrado para determinar la concentración de nitrato en aguas / Salvador Sánchez

del cambio global por científicos como William H. Schlesinger.

Puesto que la biogeoquímica es altamente interdisciplinaria, en ella participan un amplio rango de especialistas de diversos campos científicos como la ecología, la microbiología, la geología, la meteorología, la edafología, la química ambiental e incluso la oceanografía. Por lo general, la biogeoquímica se engloba dentro de dos grandes disciplinas, las ciencias de la Tierra y las ciencias ambientales, ambas con una fuerte componente de trabajo en el campo y en el estudio de fenómenos y procesos a largo plazo.



**Qué hay en un laboratorio de biogeoquímica y qué se hace**

Un laboratorio de biogeoquímica no dista mucho de un laboratorio de química ambiental, aunque con algunas peculiaridades. Dependiendo del enfoque que se le de a los estudios biogeoquímicos (humedales, ríos, lagos, bosques, praderas, desiertos e incluso océanos), el laboratorio puede focalizar más su infraestructura en determinado tipo de muestras (por ejemplo las algas microscópicas que flotan en el agua, requieren de técnicas de concentración y extracción, mientras que los vegetales terrestres son fácilmente visibles, colectables y, en principio, analizables) y en ciertos tipos de análisis (materia orgánica, compuestos inorgánicos disueltos, composiciones elementales, isótopos estables, etc.). Por lo general, las muestras tomadas en el campo requieren de un tratamiento previo que permita determinar después los compuestos en los equipos de medida. Estos laboratorios cuentan con diferentes equipos que ayudan en esa preparación (hornos, placas calefactoras, trituradoras, bombas de filtración, etc.) que son usados para extracciones, separaciones de fase, digestiones, lisis celular, difusiones, diluciones y concentraciones de las muestras.

*“Al año se procesan más de 4.000 muestras en las que son analizadas más de 10.000 variables. El laboratorio colabora con laboratorios de biogeoquímica de todo el mundo”*

En biogeoquímica, las muestras líquidas, que generalmente provienen de aguas naturales, se separan en dos fases: una que contiene las partículas y otra que sólo tiene sustancias, tanto minerales como orgánicas, disueltas. En las partículas se separan la fracción viva de la no viva y en ambas se miden las cantidades que lo conforman y se analizan composiciones químicas y pigmentos (como en el caso de las algas). En la fracción disuelta se determinan los compuestos orgánicos (nitrógeno orgánico y carbono orgánico) e inorgánicos (amonio, nitrato, fosfato, entre otros), que van a ser usados por productores primarios, bacterias y hongos. Los compuestos inorgánicos disueltos se miden mediante técnicas fotométricas, que consisten en colorear al compuesto que se quiere determinar mediante reacciones químicas, para posteriormente medir la cantidad de luz que absorbe cuando se pasa un haz de luz por una celda que contiene la muestra y, finalmente, mediante la ley de Beer (que establece que la absorbancia de la luz de una solución es directamente proporcional a la concentración de la solución), determinar su concentración. Los compuestos orgánicos disueltos pueden determinarse también, aunque de una manera cualitativa, mediante técnicas fotométricas, pues absorben luz en las regiones del espectro electromagnético visible o ultravioleta.

*“Recientemente científicos como William H. Schlesinger han actualizado los elementos básicos de esta disciplina con el análisis de los efectos del cambio global”*



Extracción de la clorofila-a de las algas de un lago con metanol / Salvador Sánchez



Sin embargo, desde hace algunos años se usan equipos especiales denominados analizadores de carbono orgánico total por oxidación catalítica, que miden la radiación infrarroja del dióxido de carbono que emite una muestra tras someterla a 680° C. Estos equipos llevan un módulo acoplado que permite medir simultáneamente el contenido de nitrógeno orgánico de una muestra mediante quimioluminiscencia (mide la luz liberada por las moléculas de NO<sub>2</sub> que son generadas al hacer reaccionar a los gases nitrogenados que se generaron durante la combustión a 680° C con ozono (O<sub>3</sub>)).

En las muestras sólidas, procedentes de suelos, sedimentos, plantas y animales, lo que le interesa al estudioso de la biogeoquímica es determinar lo que se denomina composición elemental, la relación estequiométrica de C:N:P. Esto se ob-



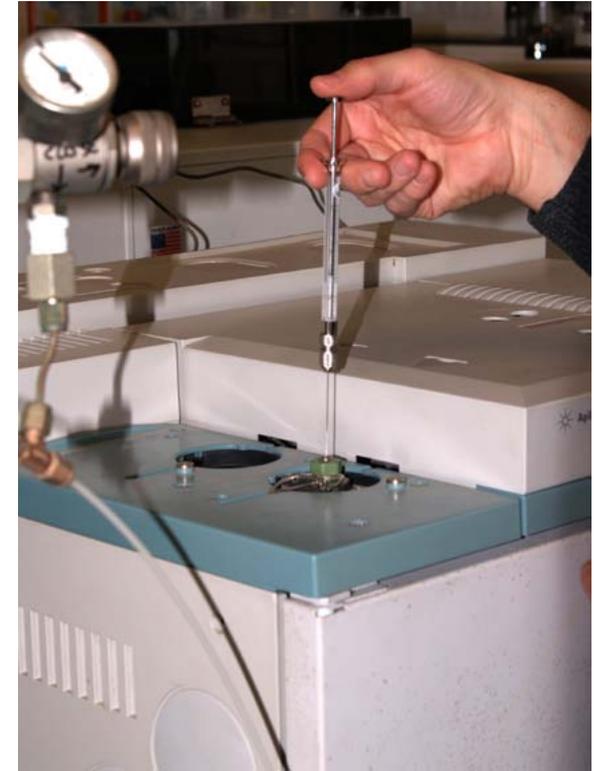
El laboratorio de biogeoquímica en plena operación /Salvador Sánchez

tiene con un instrumento llamado analizador elemental. Esta técnica está basada en la oxidación de la muestra mediante una combustión con oxígeno a una temperatura de 925° C, para medir después los gases generados (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O y N<sub>2</sub>) con un detector especial. En suelos y se-

*“Los métodos analíticos que se desarrollan son, en su mayoría, estandarizados, pero en algunos casos son métodos experimentales adaptados a las necesidades de los usuarios”*

dimientos es preciso separar las fracciones orgánicas e inorgánicas para saber qué computar a la biota o qué a la fracción viva y a los restos orgánicos. Para ello, se eliminan carbonatos y se miden, se realizan extracciones de las fracciones nitrogenadas y fosforadas inorgánicas (amonio, nitrato y fosfato, por ejemplo) o se extraen por lisis las fracciones de C, N y P contenidas en los microorganismos, para posteriormente medirlas en la fase líquida.

La fracción gaseosa también resulta de interés en biogeoquímica pues estos o los usan los organismos o son productos secundarios de su metabolismo que pueden alterar los ciclos biogeoquímicos globales. Aunque existen equipos que pueden medir directamente en el ecosiste-



Inyectando una muestra de gas para su análisis en el cromatógrafo / Salvador Sánchez

ma bajo estudio el intercambio de gases como el CO<sub>2</sub>, el CH<sub>4</sub> o el N<sub>2</sub>O usando un sensor de infrarrojo o un láser y mediciones de alta resolución de la turbulencia del viento, en ocasiones, por cuestiones logísticas o porque se realiza un experimento bajo condiciones controladas, se requieren mediciones en el laboratorio. Estas medidas se realizan mediante cromatografía de gases usando un detector de conductividad térmica.





Extracción del gas acumulado en el espacio de cabeza de un vial tras un experimento / Salvador Sánchez

**El laboratorio de técnicas biogeoquímicas del Museo**

El Laboratorio de Biogeoquímica del Museo surge a principios de la década de 1990 en el extinto Centro de Ciencias Medioambientales del CSIC para dar apoyo a numerosos estudios limnológicos y de contaminación de los ecosistemas acuáticos continentales realizados entre investigadores de ese Centro, del Real Jardín Botánico,



Incubando muestras para la determinación isotópica del <sup>15</sup>N / Salvador Sánchez

*“En las muestras sólidas, procedentes de suelos, sedimentos, plantas y animales, lo que le interesa al biogeoquímico es determinar lo que se denomina composición elemental”*



Sistema de filtración del laboratorio / Salvador Sánchez

del Museo de Nacional Ciencias Naturales y de la Universidad de Valencia. Su origen es, por tanto, acuático, si bien ha ido incorporando durante la última década numerosas técnicas útiles para el estudio de los ecosistemas terrestres. El servicio presta asistencia a grupos de investigación del MNCN y de otros centros del CSIC como a otros organismos o entidades públicas o privadas, que lo solicitan. El laboratorio cuenta con un Analizador Elemental Perkin Elmer 2400 Se-





Una valoración química basada en el cambio de color de una sustancia / Salvador Sánchez

rie II, un Espectrofotómetro Lambda 35 (Perkin Elmer) que opera un amplio rango del espectro UV y visible, un analizador de Carbono Orgánico Total marca Shimadzu, modelo TOC-V CSH que lleva acoplado un módulo de detección de Nitrógeno Total para la serie TOC-V, un Analizador de flujo segmentado en continuo SEAL Analytical AutoAnalyzer 3 y un Cromatógrafo de Gases Agilent Technologies 6890N. Aparte, el laboratorio cuenta con todos los equipos necesarios para llevar a cabo los análisis químicos (estufa, mufla, baños de arena, placas calefactoras, pH-metro, centrifugas, etc.). El laboratorio está dotado con una balanza analítica (alcance 120 g; d 0,0001) Mettler-Toledo ML104/01 y una micro balanza (alcance 6 g; d 0,000001) Mettler-Toledo XP6. Los métodos analíticos que se desarrollan son, en su mayoría, estandarizados pero, en algunos casos, son métodos experimentales adaptados a las necesidades de los usuarios. Al año

### *“Los resultados derivados del laboratorio han generado en los últimos 10 años más de 400 artículos científicos, más de 30 tesis doctorales y de máster”*

procesa más de 4.000 muestras en las que son analizadas más de 10.000 variables. El laboratorio tiene contactos con numerosos laboratorios de biogeoquímica de otras instituciones (Universidad de Florida, la Universidad de Arizona, la Universidad de California-Davis, Universidad de Wisconsin, entre otros) con los que realiza colaboraciones y consultas sobre métodos analíticos y otros procedimientos.

#### **Para qué sirven los datos analíticos que genera el laboratorio**

Durante los últimos 10 años el laboratorio ha dado servicio a más de 25 proyectos de investigación, la mayor parte del Plan Nacional del Ministerio, y a más de 40 investigadores de diferente procedencia. Los resultados de los análisis están permitiendo entender cómo funcionan los humedales mediterráneos ante los principales motores del cambio global (la contaminación, la escasez del agua o el aumento del CO<sub>2</sub> atmosférico, entre otros muchos), qué forma tienen las cadenas alimenticias de los lagos y humedales y cómo cambian ante los impactos humanos, cómo afecta la pérdida de biodiversidad a los servicios ambien-



Sistema de análisis automático del analizador de flujo segmentado/Salvador Sánchez

tales que los ecosistemas acuáticos proporcionan a la humanidad, cuándo y bajo qué circunstancias ambientales un humedal deja de ser un sumidero de carbono (retira CO<sub>2</sub> de la atmósfera) y se convierte en un emisor (de CO<sub>2</sub> o de metano, un gas con un potencial de calentamiento global de 22 veces el del dióxido de carbono en un horizonte de 20 años) o cómo afectan los cambios en la estabilidad ecológica de los ecosistemas a la función (retención o eliminación de sustancias nocivas como el nitrato) de los ecosistemas acuáticos sometidos a algún grado de perturbación. Los resultados derivados del laboratorio han generado en los últimos 10 años más de 400 artículos científicos, más de 30 tesis doctorales y de máster y han permitido la cualificación de más de 40 estudiantes de licenciatura mediante el desarrollo de prácticas durante el verano ■

