



## **AERBAC: Diversidad bacteriana en lagos de alta montaña: biogeografía y mecanismos de dispersión por aerosoles atmosféricos en el contexto del cambio global**

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

**Investigador Principal:** Emilio Ortega Casamayor - CSIC. Centro de Estudios Avanzados de Blanes (CEAB)

**Parque Nacional donde se ubica el estudio:** Parque Nacional de Aiguestortes i Estany de Sant Maurici | Parque Nacional de Sierra Nevada

**Palabras clave:** aerosol, bacteria, biogeografía, cambio global, dispersión, lagos lpinos, polvo sahariano.

**Organismo cofinanciador:** Organismo Autónomo Parques Nacionales

### **SINOPSIS**

El polvo originado en los grandes desiertos del planeta, como el Sahara, puede ser inyectado en la troposfera en grandes cantidades y dispersado a miles de kilómetros de distancia sobre vastas extensiones de cientos de miles de km<sup>2</sup>. El cambio global (sequías, cambios de uso del suelo, cambio de patrones climáticos) exacerba este fenómeno. Además de ser un mecanismo ecológico de fertilización remota, también favorece la dispersión global de microorganismos. Los lagos de alta montaña de zonas protegidas, como los del Parque Nacional de Aiguestortes i Estany de St. Maurici, actúan como colectores naturales de alta sensibilidad y, por tanto, como centinelas de la magnitud del proceso, del tipo de microorganismos inmigrantes y de la calidad microbiológica del ecosistema global. En los lagos del Parque se han identificado bacterias aerotransportadas a larga distancia no esporuladas y cosmopolitas que colonizan con éxito el plancton, pero también poblaciones foráneas de *Acinetobacter* latentes, un género bacteriano que contiene un amplio repertorio de patógenos oportunistas, con el potencial de desarrollarse en estos ambientes pero sometidas a un fuerte control poblacional. Este proyecto representa un ejemplo de cómo zonas especialmente sensibles a la degradación y que quizá no son consideradas relevantes en las agendas de protección por su falta de interés faunístico, florístico o paisajístico juegan un papel clave en la ecología del planeta y tienen un efecto remoto en ecosistemas de alto interés y máximo grado de protección.

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

Los microorganismos son seres vivos extremadamente beneficiosos e indispensables para el desarrollo y mantenimiento de la vida en cualquier



## INVESTIGANDO Y CONOCIENDO: HUMEDALES ECOSISTEMAS HÚMEDOS, LAGOS

ecosistema. Su extensa historia evolutiva (más de 3.000 millones de años de antigüedad) encierra la mayor fuente de biodiversidad y riqueza genética del planeta, con un amplio repertorio de moléculas y de vías metabólicas que poseen en exclusividad. La magnitud de sus tamaños poblacionales (del orden de  $10^{30}$  individuos) los convierte en el principal reservorio orgánico de nitrógeno y fósforo del planeta y la cantidad de carbono que almacenan es del mismo orden de magnitud que el que está contenido en las plantas terrestres. Paradójicamente, a pesar de su extensa ubicuidad y abundancias astronómicas, el mundo de los microorganismos nos resulta todavía un universo lejano y desconocido debido a la dificultad metodológica de su estudio y a la propia magnitud de la empresa a la que nos enfrentamos.

Estas limitaciones y otras de índole conceptual hacen que actualmente se desconozca cuál es el número de especies bacterianas presentes en la naturaleza, con estimaciones propuestas por diferentes autores que oscilan varios órdenes de magnitud. Tampoco se tiene una buena apreciación sobre qué ambientes tienen más posibilidades de albergar una mayor diversidad de especies y cuáles no, ni tampoco sobre la riqueza filogenética que contienen y su grado de novedad. También existe gran debate en cómo definir correctamente el concepto 'especie bacteriana', ya que se trata de individuos que se reproducen asexualmente y tienen un repertorio morfológico muy limitado, lo que dificulta en gran manera el encaje de todas estas cuestiones.

El transporte de microorganismos a largas distancias (miles de kilómetros) por vía aérea mediante aerosoles atmosféricos ha cobrado un renovado interés ligado a los mecanismos de dispersión, ya que supone la movilización anual por todo el planeta del orden de 10 trillones de microorganismos y se ha visto acelerado en los últimos años por efectos ligados al cambio global. Este fenómeno cuenta con dos puntos calientes de emisión natural de partículas a escala planetaria: la zona del Sahara-Sahel, en África y la del Gobi-Takla Makan, en Asia. Aquí se generan inmensas masas de polvo en suspensión (miles de millones de toneladas), algunas de ellas equivalentes al tamaño de toda la Península Ibérica, que se desplazan miles de kilómetros de distancia saltándose las barreras oceánicas impulsadas por el régimen general de vientos. Las características climatológicas regionales en la zona Atlántico-Mediterránea favorecen la entrada periódica de parte de estas masas africanas hacia la zona continental europea, mientras que polvo del desierto del Gobi puede detectarse en Europa después de haber completado casi una vuelta completa alrededor de la Tierra.

Se ha trabajado en 13 diferentes lagos dentro del Parque Nacional de Aigüestortes i Estany de Sant Maurici situados en un rango de altitud entre los 1600 y los 2400 m. La concentración de bacterias en estas aguas osciló entre 100.000 y 1 millón de individuos por mililitro. Se detectó un fuerte componente estacional con máximos de abundancia normalmente observables en los meses de verano. Las entradas de polvo de origen sahariano son fácilmente trazables e identificables y afectan a estos lagos con máximos de incidencia localizados normalmente en primavera-verano.



## INVESTIGANDO Y CONOCIENDO: HUMEDALES ECOSISTEMAS HÚMEDOS, LAGOS

---

Las masas de polvo fueron seguidas mediante la información suministrada por el proyecto **CALIMA**. También se utilizaron datos de la sonda **TOMS** de la NASA (*Total Ozone Mapping Spectrometer*). Durante los años 2004 a 2010 se observaron valores de deposición sahariana mensual en el NE de la Península Ibérica con máximos cercanos a los 20 días, con un periodo con máximos de incidencia durante el bienio 2007-2008. En 2007, un 25% de los días del año en esta zona tuvieron algún tipo de episodio de entrada de material sahariano. En promedio, durante el período 2004-2010, un día por semana en esta zona geográfica tuvo polvo africano presente en suspensión en la atmósfera.

La movilización atmosférica de polvo a escala global se ha visto acelerada por la persistente sequía que desde hace más de 30 años azota la zona del Sahel y del Sahara y que, junto al crecimiento desmedido de prácticas agrícolas y ganaderas extensivas, han prácticamente desecado extensas zonas acuáticas como el Lago Chad, disminuyendo la cubierta vegetal protectora y aumentando la frecuencia e intensidad de las tormentas de arena. El escaso o nulo control en las prácticas agrícolas y sanitarias en estas regiones de África y la falta de depuración en los vertidos realizados a ríos y lagos hacen que se movilicen de los sedimentos desecados diferentes tipos de contaminantes orgánicos, metales pesados y microorganismos potencialmente patógenos. Se estima que alrededor de 3000 millones de toneladas de componentes del suelo y sedimentos están continuamente flotando en la atmósfera. La mayor cantidad de polvo circulando por el planeta hace que aumente significativamente la carga microbiológica del aire.

Así, en este proyecto se han utilizado lagos y zonas de alta montaña como biosensores de la calidad microbiológica del aire y de la salud del ecosistema. Estos lagos se encuentran relativamente poco alterados por la acción humana a escala local y son considerados relativamente libres de interferencias externas próximas. Los resultados indican que se trata de grandes colectores naturales muy útiles para estudiar la incidencia de microbios invasores de origen remoto transportados por el viento ya que ofrecen datos integradores de alto valor diagnóstico.