



Seguimiento interanual y análisis experimental de factores de cambio global (UVR y entradas de P) sobre los productores primarios en lagos de alta montaña

Entidad en la que se desarrolla el proyecto: Universidad de Granada
Investigadora Principal: Presentación Carrillo Lechuga - Universidad de Granada

Parque Nacional donde se ubica el estudio: Parque Nacional de Sierra Nevada

Palabras clave: UVR, pulsos de nutrientes, intensidad vs frecuencia, mezcla vertical, estudio a largo plazo, fitoplancton.

Organismo cofinanciador: Organismo Autónomo Parques Nacionales

Inicio: 28/12/2009 - **Fin:** 28/12/2012

SINOPSIS

Múltiples factores de estrés relacionados con el cambio global (sequía, aumento de la radiación ultravioleta, aerosoles atmosféricos, aumento de la temperatura,...) actúan produciendo un impacto acumulativo sobre los ecosistemas acuáticos, en particular sobre los ecosistemas de alta montaña del sur de Europa. Gracias a este estudio, se han obtenido cuatro grandes grupos de resultados:

1. Efectos de la radiación ultravioleta (UVR) y la intensidad de los pulsos de nutrientes: el enriquecimiento con nutrientes a alta intensidad produjo interacciones no aditivas UVR x Nutrientes, generando un desenmascaramiento y/o potenciación de los efectos negativos de la UVR sobre variables estequiométricas y funcionales, pero con escaso efecto sobre la abundancia de las algas, en una escala temporal corta (una semana). En una escala temporal larga (tres semanas), la interacción UVR x Nutrientes de un pulso de alta intensidad se atenuó, evidenciando una alta capacidad de adaptación de los autótrofos a través de mecanismos fisiológicos y ecológicos.
2. Efectos de la radiación ultravioleta (UVR) y la frecuencia de pulsos de nutrientes: los pulsos de alta frecuencia generaron una respuesta de magnitud mayor que la obtenida por un pulso único, para la mayoría de las variables medidas. Sin embargo, la naturaleza de la interacción UVR x Nutrientes fue similar y sinérgica sobre las variables estequiométricas, al acentuarse los efectos estimuladores de UVR. Ambos factores equilibraron la composición elemental del fitoplancton, lo que se tradujo en el aumento de la producción primaria, la reducción de la excreción de carbono y la atenuación de los efectos dañinos de UVR sobre el porcentaje de carbono liberado. A largo plazo, el aumento de la incorporación de carbono invirtió



INVESTIGANDO Y CONOCIENDO: HUMEDALES ECOSISTEMAS HÚMEDOS, LAGOS

la interacción sinérgica UVR x Nutrientes sobre la abundancia de algas, lo que indica la elasticidad del ecosistema para hacer frente al aumento de la frecuencia de entradas de polvo del Sahara relacionada con perturbaciones climáticas.

3. Efectos de la radiación ultravioleta (UVR), la mezcla vertical y nutrientes: la mezcla vertical aumentó la inhibición fotosintética en lagos opacos mientras que contrarrestó los efectos nocivos de la UVR en lagos claros. La adición de nutrientes invirtió este efecto en cada tipo de lago.
4. Estudio a largo plazo en el lago de La Caldera: la biomasa de fitoplancton y de zooplancton se correlacionaron fuertemente con la intensidad y la frecuencia de la deposición de aerosoles, la precipitación y la UVR. Sin embargo, el aumento de la biomasa algal asociada a aportes atmosféricos más intensos y frecuentes afectó negativamente a los copépodos, produciéndose un desacople en la transferencia de energía entre los productores primarios y los consumidores.

ALGUNOS FRAGMENTOS QUE NOS PUEDEN ACERCAR AL CONTENIDO DEL PROYECTO

El impacto de un factor de estrés de cambio global sabemos que depende de los efectos de otros factores de estrés que intervienen simultáneamente. Sin embargo, carecemos de la información suficiente para predecir cómo los efectos interactivos de múltiples factores de cambio global podrían mitigar o exacerbar sus efectos individuales y su influencia sobre el funcionamiento del ecosistema. La falta de información en buena medida se debe a la escasez de experimentos multifactoriales que, unido a la complejidad y dinamismo de los sistemas ecológicos complica la predicción sobre cómo se verán afectados los procesos del ecosistema en un escenario futuro de cambio. Indudablemente cualquier política para mitigar el impacto ecológico del cambio global ha de estar basada en un conocimiento científico robusto, ya que las escalas temporales y espaciales de los problemas ambientales globales son tan amplias que la comprensión de un mecanismo basado en relaciones causa-efecto son poco fiables.

Los lagos de alta montaña son laboratorios naturales y centinelas de cambio global debido a sus especiales características: aguas frías, oligotróficas, con baja diversidad, pobre redundancia funcional y relativamente bajos niveles de perturbación humana. Existe una tendencia creciente de impacto del cambio global sobre los ecosistemas de montaña, siendo la radiación ultravioleta (UVR) y la polución por fósforo (P) y nitrógeno (N) algunos de los más importantes factores de cambio global con particular relevancia en estos ecosistemas. Aunque recientes estudios han sugerido que el efecto de UVR podría ser menos pronunciado debido a una potencial aclimatación y adaptación de los organismos como resultado de una historia de larga exposición a intensa irradiancia en estos lagos de aguas transparentes, el verdadero impacto de un incremento en UVR sobre los lagos de alta montaña depende más de la interacción con otros factores de estrés que sólo de un



INVESTIGANDO Y CONOCIENDO: HUMEDALES ECOSISTEMAS HÚMEDOS, LAGOS

incremento en los flujos de UVR. Esto es particularmente cierto en latitudes meridionales de Europa donde son comunes las sequías, las entradas de nutrientes vía atmosférica procedentes de áreas desérticas (desierto del Sáhara que exporta nutrientes en forma de tormentas de polvo ricas en P, hierro y calcio) o el incremento de temperatura. Todos ellos son factores de cambio global que están relacionados con anomalías de variaciones climáticas periódicas (*North Atlantic Oscillation*, NAO) y oscilaciones de la Zona de Convergencia Intertropical (ITZC), destacando el incremento registrado en la frecuencia e intensidad de intrusiones de aerosoles de origen sahariano.

Aunque está ampliamente establecido que el efecto de UVR sobre las algas es inhibitorio a nivel molecular o a nivel funcional, este efecto inhibitorio es atenuado o suprimido en el nivel de organización de población o comunidad. Por el contrario, el efecto de la adición de nutrientes (principalmente P) es generalmente estimulador de la producción primaria y del crecimiento algal, incrementando la abundancia y biomasa algal. A pesar de estar bien establecidos estos efectos individuales contrapuestos (UVR depresor y enriquecimiento en nutrientes estimulador), los escasos estudios realizados sobre el efecto interactivo UVR×Nutrientes muestran resultados contradictorios tanto a nivel molecular y fisiológico como sobre la estructura y sucesión de las comunidades pelágicas.

Así, por ejemplo, una combinación de un incremento en la intensidad y la frecuencia en las deposiciones de polvo atmosféricas en las últimas tres décadas (1973-2003) con altos niveles de UVR, características de los lagos de alta montaña, dan lugar a cambios interanuales de la abundancia y biomasa de fito y zooplancton que da lugar a un desacople entre sus dinámicas y por lo tanto en el flujo de carbono en la red trófica.

Los resultados de este estudio sugieren una gran capacidad adaptiva y un incremento en la resiliencia del ecosistema frente a un aumento en la frecuencia de perturbaciones climáticas que implican mayores entradas de polvo asociado a aerosoles saharianos. Además, se desvela la existencia de umbrales temporales de respuesta de los organismos a partir de los cuales la combinación de factores de estrés invierte el efecto individual que ejerce cada factor de cambio global sobre los organismos, generando respuestas netas de los organismos no aditivas y difícilmente predecibles.