

## 3.2. Análisis de indicadores paleolimnológicos en las lagunas de Sierra Nevada

Pérez Martínez, C.  
Universidad de Granada

Laguna de Río Seco (3.030 msnm).



### Resumen

Se han analizados los restos silíceos de diatomeas y el contenido de clorofila-a fósil en los últimos 150 años de seis lagunas de Sierra Nevada. Los valores de clorofila-a de todas las lagunas reflejan un aumento de la misma a lo largo del siglo XX. La magnitud de las variaciones experimentadas por la comunidad de diatomeas a lo largo de los últimos 150 años es sensiblemente diferente entre lagunas, siendo Río Seco y Borreguil las que presentan las variaciones más destacables.

Los cambios observados en las lagunas parecen estar relacionados con los efectos directos e indirectos del incremento de temperatura observado en este periodo. Además de esta respuesta regional, se observan respuestas locales determinadas por la particularidades de cada laguna.

## Objetivos y metodología

El objetivo de este trabajo es estudiar una serie de indicadores paleolimnológicos en varias lagunas de Sierra Nevada que son especialmente útiles para cuantificar la producción de biomasa en estos ecosistemas. Se analiza la evolución temporal del contenido de clorofila y su relación con la temperatura.

Las características morfométricas y limnológicas de las seis lagunas analizadas se muestran en la Figura 1.

**Restos silíceos de diatomeas.** Las muestras de sedimento se sometieron a digestión con ácido y los restos silíceos se montaron en portaobjetos con Naphrax para su recuento [6]. Se

identificaron y enumeraron un mínimo de 300 frústulos de diatomeas en cada intervalo usando un microscopio óptico a 1.000 aumentos y contraste de interferencia (DIC).

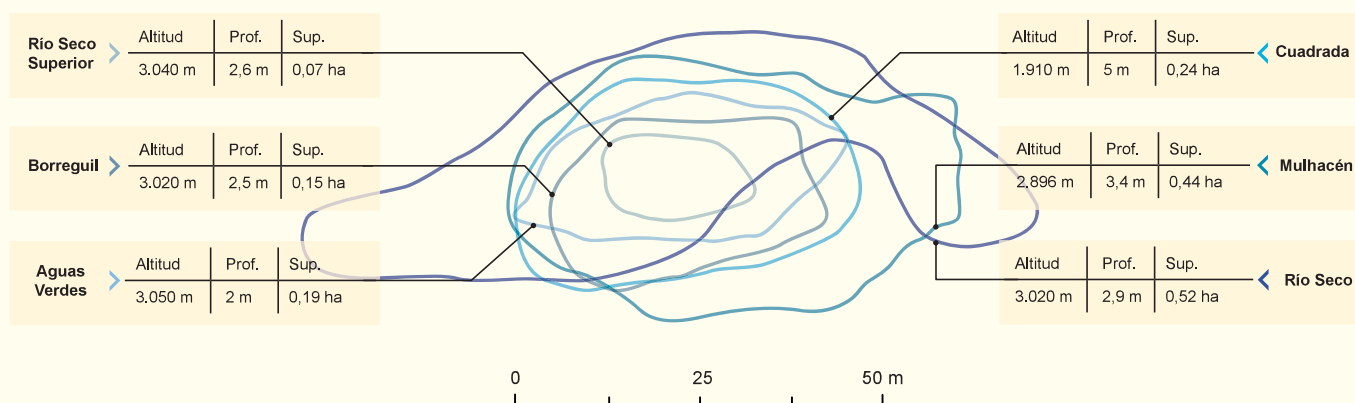
**Análisis de la clorofila-a.** La concentración de clorofila-a fósil (clorofila-a + derivados) que se conserva en los sedimentos se infirió mediante la técnica VNIR (*Visible-Near Infrared Reflectance Spectroscopy*) [7].

**Obtención y tratamiento de los datos climáticos.** Se ha escogido la serie de temperatura de la estación 3.195 de Madrid (Parque del Retiro) pues, a pesar de estar relativamente alejada geográficamente, es una de las series más

largas (desde 1869) y presenta una elevada correlación con otras series de datos más cortas de la zona de estudio como las de Armilla, Padul y también con las series climáticas recopiladas por el Observatorio del Cambio Global de Sierra Nevada. La serie de precipitación que presentó una mejor correlación con esta última fue la de la estación de la Base de San Fernando de Cádiz (desde 1841).

**Análisis de datos.** Se realizó un análisis de componentes principales con los datos de abundancia relativa de distintas especies de diatomeas. Estos datos se correlacionaron con los valores de clorofila en cada una de las lagunas.

Figura 1



Representación esquemática del contorno y principales características de las lagunas estudiadas. Prof.: Profundidad. Sup.: Superficie.

## Resultados

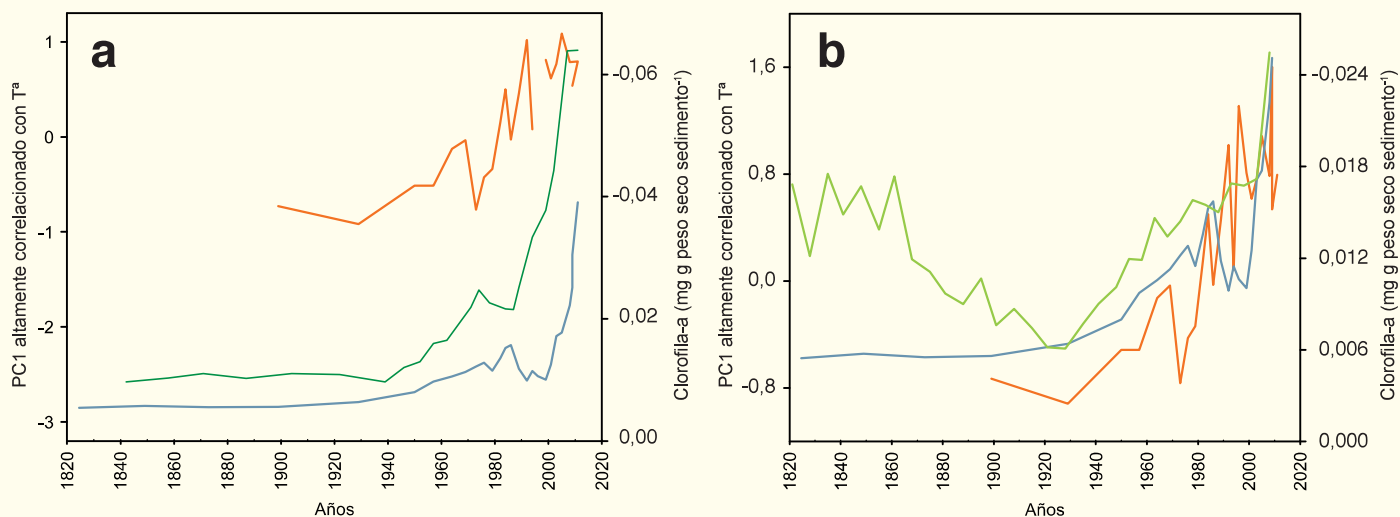
La magnitud de las variaciones experimentadas por la comunidad de diatomeas a lo largo de los últimos 150 años es sensiblemente diferente entre lagunas de modo que Río Seco y Borreguil presentan las variaciones más destacables, seguidas de Aguas Verdes y Mulhacén y finalmente Cuadrada y Río Seco Superior. Respecto a los cambios observados en la composición de especies, destaca el incremento de especies alcalófilas y la disminución de especies acidófilas así como de epífitas y ticoplanctónicas.

Los valores de clorofila-a de todas las lagunas reflejan un aumento a lo largo del siglo XX, comenzando éste a principios de siglo en Cuadrada y Río Seco Superior y en la segunda mitad del mismo en el resto de las lagunas (Figura 2).

La variable que resume los cambios experimentados por la comunidad de diatomeas en el tiempo se correlacionan con los valores de clorofila en cada una de las lagunas. Respecto a la relación de estas dos variables con los datos climáticos disponibles, las seis lagunas

muestran una correlación significativa entre los valores de clorofila-a y los valores medios de temperatura anual mientras que con la precipitación sólo se encuentra una relación significativa para Borreguil. Además, los cambios experimentados por la comunidad de diatomeas (factor 1) muestran una correlación significativa con los valores de temperatura media en cada una de las lagunas excepto en Río Seco Superior si bien con la precipitación sólo se encuentra una relación significativa para Río Seco.

Figura 2



Cambios en la composición de la comunidad de diatomeas (color azul), evolución temporal de los valores de la clorofila-a (color verde) y de la temperatura media anual (en anomalías respecto al período 1961-90, color naranja) en las lagunas Cuadrada (a) y de Río Seco (b).

## ➤ Discusión y conclusiones

El incremento en la clorofila y las variaciones observadas en la comunidad de diatomeas de las seis lagunas indican que estos sistemas han sufrido cambios significativos en sus variables limnológicas en los últimos 150 años. La robusta relación de la clorofila y de los cambios en las diatomeas con la temperatura sugiere un efecto del incremento de temperatura sobre estos ecosistemas acuáticos. La producción primaria del sistema, representada por los valores de clorofila, responde al incremento directo en la temperatura del agua y además a los efectos indirectos derivados de un alargamiento del periodo de crecimiento de las especies lacustres asociado al incremento del periodo libre de hielo [8]. Las diatomeas pueden reflejar la variabilidad climática de diferentes modos: efecto directo de la temperatura, modificación de la estabilidad termal, cambios en la calidad del agua y cambios en el hábitat [9]. Así, la disminución de especies ticooplanctónicas puede explicarse por la mayor estabilidad

termal de la columna de agua junto con la disminución en el flujo de agua de entrada y salida y de la profundidad media de las lagunas [10]. Por otro lado, el incremento de pH derivado del de temperatura puede ser la causa de la disminución de especies acidófilas y del incremento de especies alcalófilas. Finalmente, el alargamiento del periodo libre de hielo junto con las mayores temperaturas y, posiblemente la disminución de las precipitaciones observadas principalmente a partir de los años 80, determinan la disminución del nivel de agua en las lagunas, así como la disminución del grado de humedad de los borreguiles. En estas condiciones, las especies de diatomeas epífitas pueden ver disminuida su probabilidad de supervivencia en estos hábitats. Estos hechos explicarían las diferencias en la magnitud de la respuesta de la comunidad de diatomeas entre lagunas, de modo que aquellas lagunas con una mayor superficie de borreguil y mayor relación superficie borreguil/superficie laguna

(Río Seco y Borreguil) presentan modificaciones más patentes que las que presentan un área de borreguil menor y menos cambios de nivel de agua (Aguas Verdes y Mulhacén) y que las lagunas con ausencia de borreguil circundante (Cuadrada y Río Seco Superior).

En resumen, las seis lagunas analizadas presentan cambios en la comunidad de diatomeas y en los valores de clorofila durante los últimos 150 años que parecen estar relacionados con el incremento de temperatura observado en este periodo. Además de esta respuesta, que podemos considerar regional, se observan respuestas locales determinadas por la particularidades de cada laguna, entre las que destacan la presencia y extensión de los borreguiles circundantes, las características morfométricas de las lagunas y su altitud.