

Peñalara. Observatorio del Cambio Global

La Tierra cambia constantemente. No hay ninguna duda de que, en sus miles de millones de años de historia, aspectos como el clima, la composición de la atmósfera, la distribución de los continentes o la diversidad de sus ecosistemas han variado enormemente. Casi podría decirse que el cambio continuo es la característica más relevante de nuestro planeta. Entonces, ¿Por qué los medios de comunicación traen casi a diario noticias relacionadas con este tema y miles de científicos dedican sus esfuerzos a desentrañar los mecanismos, procesos y consecuencias de este cambio?

La respuesta es que hasta nuestra época las actividades humanas no habían sido capaces de controlar determinados procesos fundamentales de la biosfera, o al menos no con la intensidad con la que se está observando que somos capaces de hacerlo. La velocidad a la que el ser humano está produciendo cambios a escala global no tiene parangón en ninguna otra época de la historia de la Tierra.

El Cambio Global

Por cambio global se entiende aquellos procesos de cambios ambientales generados por la actividad humana y que tienen consecuencias de alcance planetario. Estas actividades pueden realizarse - o no - localmente, pero tienen repercusiones más allá de su ámbito inmediato. Por ejemplo, está claro que la emisión de gases de efecto invernadero se concentra en determinadas zonas, pero el cambio climático que originan está ocurriendo ya en todo el planeta. De hecho, el lugar de la Tierra donde se ha observado un mayor aumento de la temperatura media es la Península Antártica, donde la emisión de gases de efecto invernadero por parte del hombre es prácticamente inexistente. Otros ejemplos de cambio global son las lluvias ácidas, la disminución de la capa de ozono, la pérdida de biodiversidad o los cambios de uso del territorio.

El lector casual podría pensar que el cambio global es una simple curiosidad científica, con pocas o nulas repercusiones sobre su vida diaria. Nada más lejos de la realidad. Cada vez más se pone de manifiesto que el cambio global no se limita al sistema biofísico terrestre, sino que tiene fuertes interrelaciones con el sistema socioeconómico. Es decir, el cambio global puede afectar enormemente a nuestro modo de vida y, a la inversa, nuestro modo de vida puede determinar el alcance del cambio global. De hecho, numerosos autores creen que la parte más débil de esta interacción son los sistemas socioeconómicos. Casi siempre se suele hablar de los efectos del cambio global en el medio ambiente - *La Naturaleza* -, sin pararse a pensar que el cambio global sin duda tendrá un efecto enorme sobre el modo en que se organiza nuestra sociedad, el modo en que explotamos los recursos naturales y en nuestra economía.

Por ello, y aunque el reto es enorme, resulta esencial comprender y estudiar el cambio global. Se trata de una tarea compleja, en la que concurren diversas disciplinas científicas y sociales, y sujeta aún a numerosas incertidumbres.

Al estudio del cambio global se están dedicando gran cantidad de recursos y múltiples aproximaciones a diferentes escalas. El empleo de satélites, la búsqueda de largas series de datos ambientales (como los sondeos de hielo en los polos o de sedimento en los fondos marinos), o la modelización de estos procesos van

aumentando día a día nuestro conocimiento sobre el cambio global. Pero hay otro elemento fundamental a la hora de estudiarlo, el disponer de una serie de lugares donde realizar un seguimiento exhaustivo de la intensidad de los cambios ambientales y de los efectos que tiene sobre distintos ecosistemas: los observatorios del cambio global.

Observatorio del Cambio Global Peñalara - Alto Lozoya

El Parque Natural de Peñalara, declarado en 1990, es un espacio protegido con valores naturales únicos en el territorio de la Comunidad de Madrid. El Parque tiene por objetivo la conservación de los ecosistemas más representativos de la alta montaña de la región. Entre los elementos naturales preeminentes se encuentran un extraordinario conjunto geomorfológico de origen glaciario, un gran elenco de especies singulares, relictas y en peligro de extinción, tanto de fauna como de flora, y un complejo mosaico de hábitats de gran rareza y que son los que sustentan la elevada biodiversidad. El Parque Natural de Peñalara forma parte de un espacio natural de mayor entidad y con un patrimonio natural y cultural de gran valor, es el “Valle de El Paular”, la cabecera de la cuenca hidrográfica del río Lozoya.



Valle de El Paular

Es importante destacar que en el Macizo de Peñalara se localizan una serie de humedales naturales de alta montaña (lagunas, charcas, arroyos, turberas) de gran interés y valor ecológico. Estos Humedales están incluidos en la lista del Convenio de Ramsar o de los Humedales, como reconocimiento internacional a su importancia ecológica. Entre estos ecosistemas acuáticos se encuentra la laguna Grande de Peñalara, la más importante y conocida de toda la Sierra de Guadarrama, así como las de Claveles y Los Pájaros.



Laguna de Los Pájaros

Este ámbito, Peñalara - Alto Lozoya, es el elegido por la Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y ordenación del territorio como observatorio del cambio global. La elección no es trivial, ya que los observatorios deben tener una serie de características que les permitan cumplir adecuadamente esta función.

Por ejemplo, la combinación de un área de alta montaña con una cabecera de valle muy bien conservada ofrece la oportunidad de estudiar simultáneamente distintos procesos de cambio global. Por un lado, los ecosistemas más elevados reciben una influencia notable de origen atmosférico. Así, procesos como la contaminación atmosférica o el calentamiento global se pueden estudiar sin el efecto de influencias locales (focos de contaminación próximos, islas de calor de las ciudades, etc.). Por otro lado, la existencia de una cuenca muy naturalizada - en el sentido en que puede emplearse este término en Europa, donde el paisaje es en gran medida resultado de la interacción humana durante siglos -, permite observar los cambios ambientales que se están produciendo en los procesos ecológicos. Aspectos como el cambio de uso, los ciclos de nutrientes y contaminantes, el ciclo hidrológico y los ciclos biológicos de las especies, encuentran en este espacio un verdadero laboratorio natural donde ser estudiados.

Si bien los cambios ambientales podrían detectarse sobre todos los procesos, especies y sistemas (incluido el socioeconómico), la presencia en este espacio de humedales de alta montaña constituye el mejor sensor disponible de cambios ambientales y climáticos. Veamos por qué esto es así:

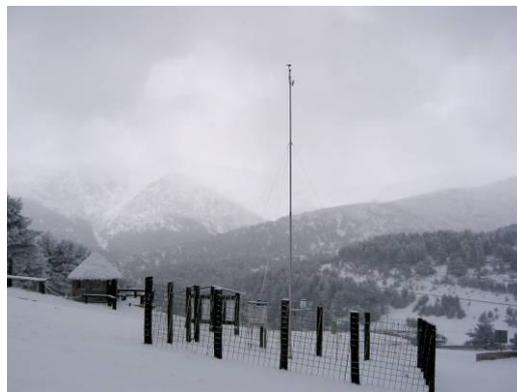
1. Son sistemas frágiles, en el sentido de que una perturbación relativamente pequeña de las condiciones ambientales genera una respuesta importante en las condiciones físico-químicas y biológicas de la laguna. Su fragilidad supone

- un riesgo para su conservación, pero también una oportunidad de detectar pequeños cambios ambientales.
2. La respuesta frente a cambios ambientales es muy rápida, permitiendo la detección de los cambios en sus fases tempranas.
 3. Sus aguas muy puras y de baja mineralización, junto con una cuenca de pequeño tamaño y de materiales poco solubles, permiten discernir la entrada de determinados contaminantes atmosféricos incluso en muy bajas concentraciones.
 4. Los cambios acontecidos en el pasado han quedado almacenados en su registro sedimentario en forma de señales físico-químicas o de restos biológicos. Esta información está registrada de forma secuencial (a mayor profundidad en el sedimento, más antigua) y es posible datarla por métodos radiométricos. Y lo que es mejor, la información empezó a almacenarse desde el mismo instante de la formación de estos ecosistemas.

Seguimiento y monitorización de ecosistemas

Para realizar una correcta gestión de los notables valores naturales del Parque Natural, es necesario realizar distintos estudios y contar con determinadas instalaciones de investigación y seguimiento. La finalidad de estos trabajos y equipamientos es la conservación de especies y ecosistemas en el Parque, pero además estas investigaciones e infraestructuras son claves también para el estudio del cambio global, junto con el desarrollo de una estrategia encaminada a coordinar y compartir esfuerzos de investigación.

El Parque Natural cuenta, por ejemplo, con una red meteorológica de estaciones en altura (hasta los 2.414 m.s.n.m.). Esta red, que lleva operativa desde 1998, cuenta en la actualidad con cuatro estaciones principales y siete balizas meteorológicas. Todas las estaciones principales realizan las siguientes medidas: temperatura, humedad relativa, precipitación y viento (dirección y velocidad). Además, en una de



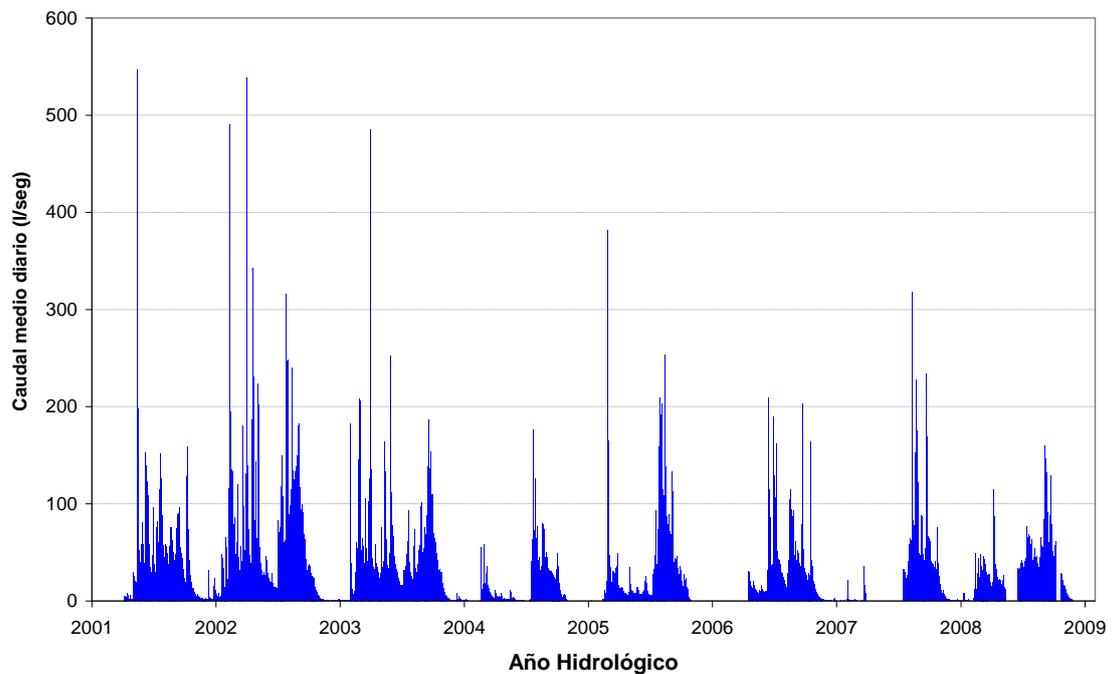
Estación Meteorológica del Puerto de Los Cotos

ellas se mide también la altura de nieve, la presión atmosférica y la radiación incidente (global y ultravioleta). Por su parte, las balizas meteorológicas disponen de un sensor de temperatura, otro de humedad relativa y un pluviómetro. En este último caso se trata de sistemas completamente autónomos emplazados por toda la geografía del Parque Natural, llegando a alcanzar incluso la cota más alta: el Pico de Peñalara. Esta Red Meteorológica está permitiendo, entre otras cosas, disponer de un histórico de medidas de la zona para su posterior utilización como serie climatológica. Esta red viene a complementar la estación meteorológica del Puerto de Navacerrada de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), situada en las inmediaciones del Parque Natural.

En el Parque también está ubicada una estación de aforos que permite describir el funcionamiento hidrológico de una pequeña cuenca de alta montaña (136 hectáreas). Esta instalación ubicada en la salida de la Hoya de Peñalara lleva funcionando desde el año 2001, contabilizando hasta la fecha más de 830.000 datos de caudal.



Estación de aforos de la Hoya de Peñalara

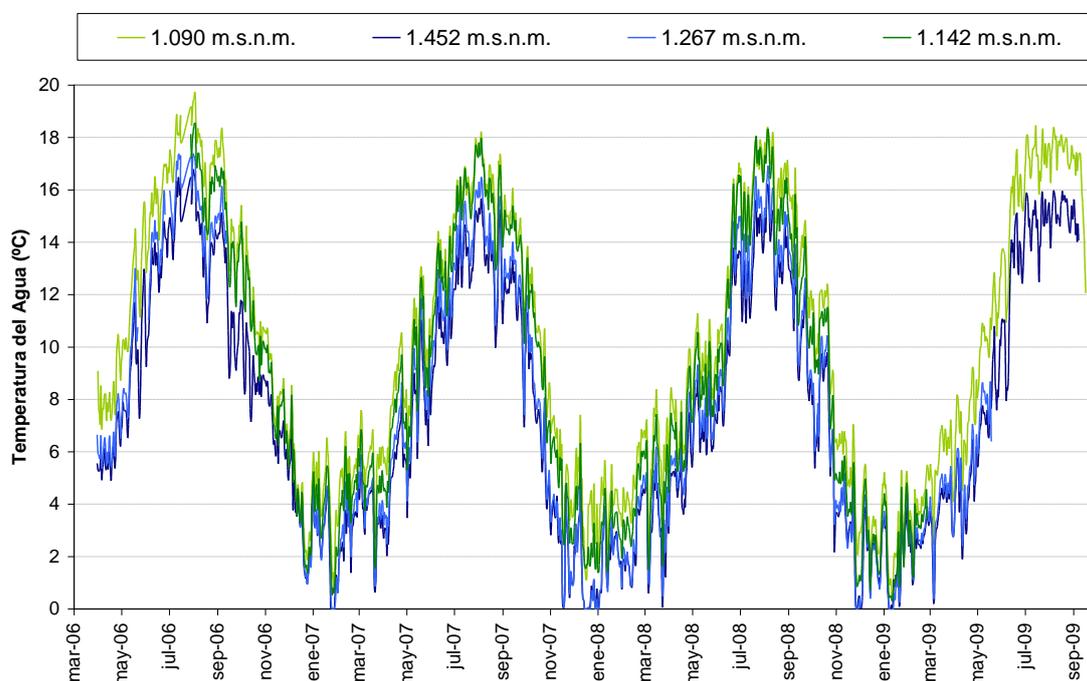


Serie de caudales en la Hoya de Peñalara

Estas medidas se complementan con el registro diario del nivel del agua en la Laguna Grande de Peñalara y en su arroyo de Salida. A su vez, los datos generados por la Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio complementan los datos de aforos de las estaciones de la Confederación Hidrográfica del Tajo situadas en el fondo de Valle del Alto Lozoya.

Los datos disponibles indican que el funcionamiento ecológico de la laguna Grande de Peñalara depende en gran medida de la tasa de renovación, es decir, de las características hidrológicas de esta pequeña cuenca de alta montaña. Por ello, esta serie de datos hidrológicos es muy útil para el estudio de esta laguna, pero además permite describir procesos relacionadas con el cambio global tales como el proceso de deshielo, las avenidas generadas por sucesos meteorológicos de distinta intensidad y los tiempos de vaciado de la cuenca en distintas condiciones (estiaje, lluvias prolongadas, etc.). Además, estos datos son esenciales para realizar modelizaciones y simulaciones hidrológicas, es decir, para poder evaluar distintos escenarios de cambio climático y estimar cómo podrían afectar a los ecosistemas de alta montaña del Guadarrama.

También están instalados una serie de medidores en continuo de la temperatura del agua, tanto a distintas profundidades de la laguna Grande de Peñalara como en diferentes tramos del río Lozoya. En el primer caso, lo que se intenta determinar es el grado de estratificación de la columna de agua - lo que tiene importante consecuencias ecológicas en el funcionamiento de la laguna -, mientras que en el segundo caso se persigue conocer las variaciones de la temperatura intra e interanualmente en distintos puntos del Río Lozoya.



Temperatura media del agua a diferentes altitudes en el Río Lozoya

Los datos generados por todos estos equipos de medición en continuo se complementan con estudios detallados de la vegetación de la cuenca, del estado ecológico de los ríos y arroyos, de la ecología de laguna Grande de Peñalara, de la cantidad de visitantes, de los usos ganaderos del territorio, de la evolución de determinadas poblaciones de fauna, etc. El Parque Natural también colabora con otros Centros de Investigación, a través de los cuales se obtiene importante información, como por ejemplo una cartografía de la duración de la cubierta nival en todo el macizo o series de la concentración de ozono troposférico.



Estudios de Calidad Ecológica del Río Lozoya

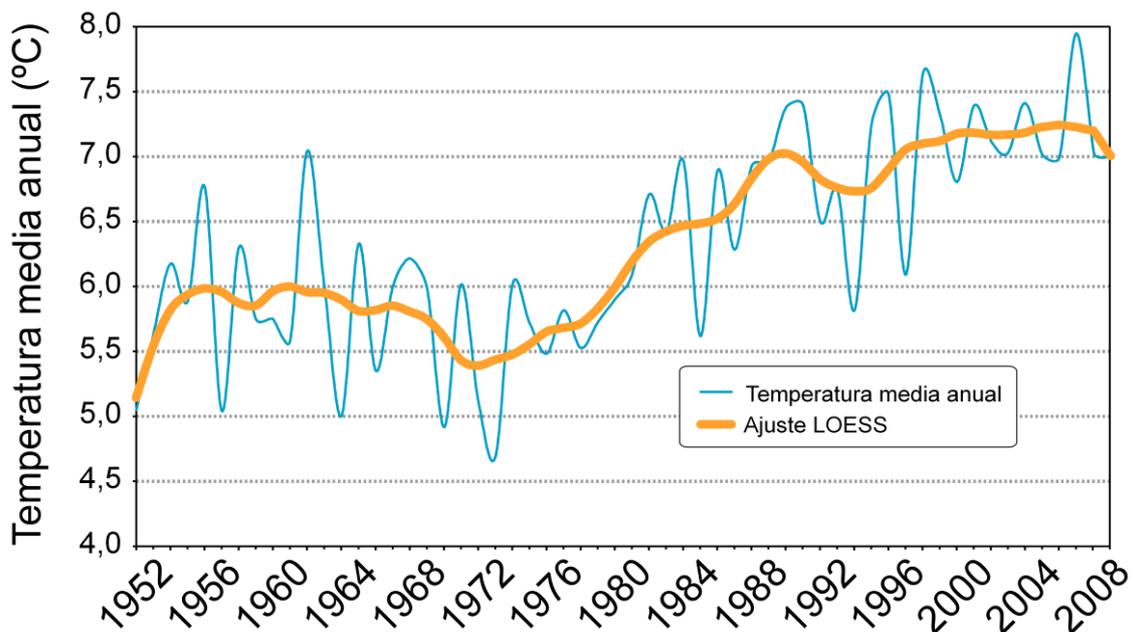
Así, los estudios que se realizan en Peñalara y el Valle de El Paular proporcionan series largas de datos de incalculable valor para discernir los efectos del cambio global sobre los ecosistemas. Pero además, estas series de datos permiten la simulación, modelización y evaluación de escenarios de cambio futuro, de manera que podemos prever y anticipar los cambios que se van a producir en los ecosistemas y, sobre todo, tomar las medidas de conservación más adecuadas.

El Cambio Climático y su efecto sobre la laguna de Peñalara

En julio de 1995 se inició un seguimiento limnológico de la laguna Grande de Peñalara, que ha venido realizándose mensualmente hasta la actualidad. Como resultado de esta monitorización se ha generado una importante cantidad de información relativa a la ecología de esta laguna. Los graves problemas ambientales desencadenados en la laguna Grande de Peñalara y su cuenca en las últimas décadas (erosión, eutrofización, alteración de las comunidades de organismos acuáticos) han constituido el tema principal a abordar en los estudios llevados a cabo, lo que ha permitido recuperar en gran medida sus características originales.

Este seguimiento incluye datos relativos a las condiciones ambientales, la cubierta de hielo, la hidroquímica de la columna de agua, la transparencia del agua, la tasa de sedimentación, y las especies de organismos acuáticos presentes.

En el macizo de Peñalara (y casi con seguridad en toda la Sierra de Guadarrama) se ha producido un incremento de la temperatura media anual, un descenso de la media de días con cubierta de nieve y un descenso en la precipitación acumulada desde principios de la década de los 80 del siglo pasado. Esta afirmación se basa en los datos procedentes de la estación meteorológica del Puerto de Navacerrada, de la AEMET, operativa desde hace más de 60 años. Esta estación es gran importancia, ya que se encuentra situada a una altitud considerable (1.890 m.s.n.m.) y a apenas 6 Km de distancia de la laguna Grande de Peñalara.



Serie de temperatura media anual en el Puerto de Navacerrada

El disponer de series limnológicas relativamente largas, junto con series meteorológicas de alta calidad ofrecen una oportunidad inmejorable para estudiar el efecto del cambio climático sobre los humedales de alta montaña. A partir de las series de datos obtenidas en la laguna se puede afirmar que existe una clara relación entre la meteorología y determinados aspectos del funcionamiento limnológico. Por ejemplo, parece claro que la temperatura ambiental y la precipitación controlan aspectos como la duración y espesor de la cubierta de hielo o la tasa de renovación. También es importante destacar que la tasa de renovación determina el grado de dilución de los iones mayoritarios y los nutrientes disponibles, afecta a la estabilidad de la columna de agua (distribución de calor, flujos turbulentos), y en algunos casos supone un control importante de las poblaciones por deriva de sus componentes.

No obstante, la laguna Grande de Peñalara se trata de un sistema complejo y sujeto a procesos de histéresis, en el que es difícil predecir su respuesta frente a cambios en determinadas variables ambientales, presentando una incertidumbre aún mayor la intensidad de estos cambios. Aún así, la hipótesis con la que se está trabajando es que el cambio climático se concretará en la Laguna Grande de Peñalara principalmente en los siguientes aspectos:

- Ligero aumento de la temperatura de la columna de agua en la época libre de hielo, que podría llegar a generar condiciones de estratificación con importantes consecuencias ecológicas.
- Aumento de la producción primaria en la época libre de hielo y, quizá, bajo la cubierta de hielo por la disminución de su espesor. Las consecuencias sobre el resto de la red trófica son difícilmente predecibles, pero sin duda serán relevantes.
- Probablemente se produzca un mayor control por parte de los procesos biológicos frente a los procesos puramente físicos, especialmente en el caso de la concentración de oxígeno.

- La tasa de renovación anual tenderá a disminuir.
- Es probable que la laguna Grande de Peñalara se vea colonizada por especies acuáticas (invertebrados, anfibios, plantas vasculares) típicas de zonas más bajas y que en la actualidad no pueden colonizar la laguna por sus rigurosas condiciones ambientales. Por esta misma razón, algunas de las especies más estenotermas frías podrán llegar a desaparecer.
- La elevación del límite del bosque (que ocurrirá casi con seguridad), no sabemos hasta donde alcanzará y mucho menos el tiempo que tardará en suceder, pero sin duda es otra fuente de posibles cambios importantes para el funcionamiento limnológico de la laguna.



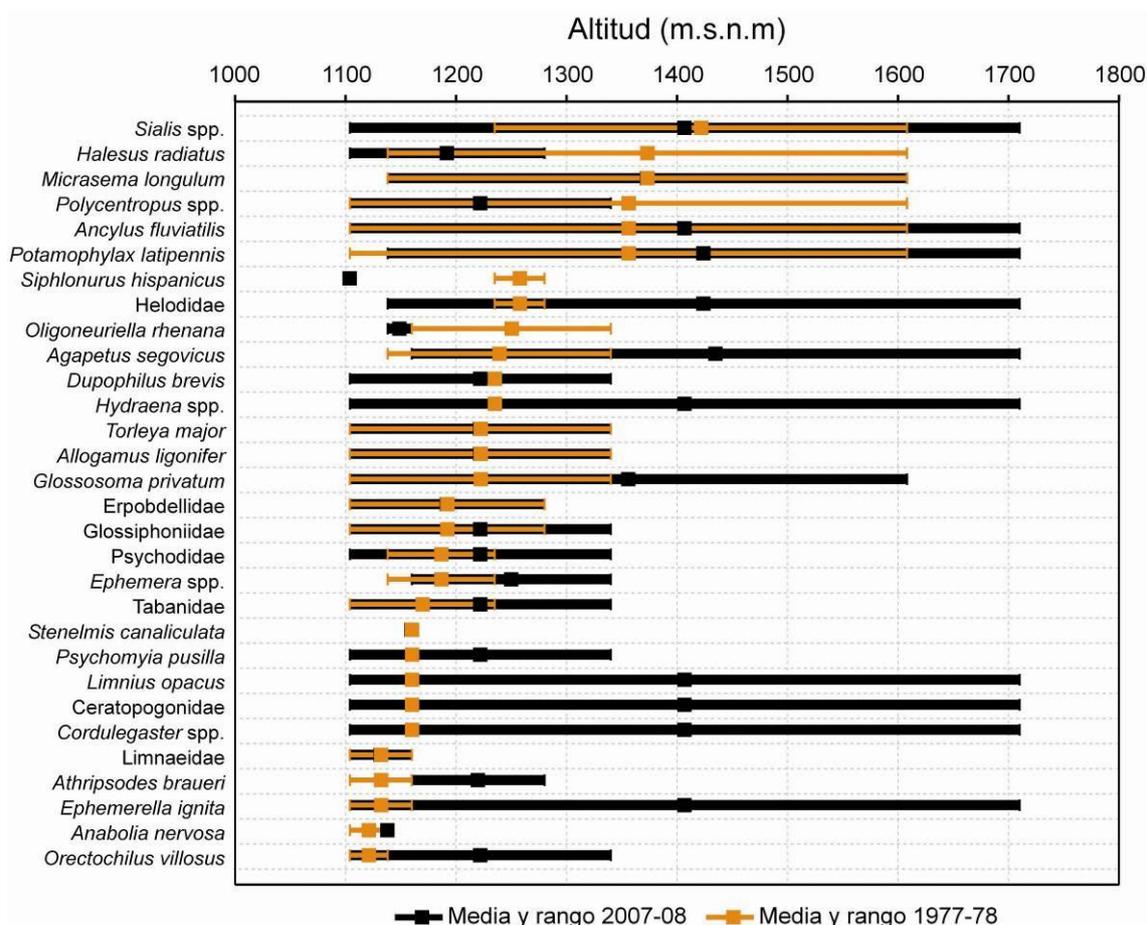
Cubierta de hielo en la Laguna Grande de Peñalara

El Cambio Climático y su efecto sobre el Alto Lozoya

En los años 1977 y 1978 se realizó una tesis doctoral sobre las poblaciones de macroinvertebrados acuáticos del río Lozoya, hasta ese momento poco conocidas. Los muestreos se realizaron en distintos puntos situados a diferente altitud, por lo que se conoce la distribución altitudinal que estas poblaciones tenían hace 30 años. La Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio ha abordado un estudio orientado a conocer los efectos del cambio climático sobre estas poblaciones, con el fin de detectar si se han producido cambios en la fauna acuática como consecuencia del cambio climático.

Básicamente el estudio compara el rango altitudinal que tenían anteriormente las especies acuáticas con las que tienen hoy día, dado que un calentamiento de la temperatura del agua permitiría a algunas de estas especies desarrollarse en zonas más altas del curso del río.

Los resultados señalan que para los 30 taxones que podrían ser más indicadores del cambio climático, se ha producido un incremento de la altitud media de 136 metros en sus poblaciones. Con base en la red de medida en continuo de la temperatura del agua que gestiona y mantiene el Parque Natural de Peñalara, se ha estimado que este ascenso altitudinal supone un incremento en la temperatura media anual del agua de 0,91°C.



Por otra parte, la presencia de nuevas especies frente a la década de los 70, podría indicar que también se está produciendo una disminución de caudal y un prematuro deshielo.

Estos resultados apuntan a que se están produciendo una serie de cambios ecológicos en los ecosistemas fluviales del Alto Lozoya, que se deberán tener en cuenta, entre otras cosas, para la gestión piscícola del Alto Lozoya. El más que probable calentamiento global está originando una modificación en los ciclos biológicos de los seres vivos, que en el caso de los ecosistemas acuáticos pasarían por un desplazamiento aguas arriba de las especies fluviales, un adelantamiento del ciclo biológico a épocas más tempranas, e incluso la desaparición de especies por la pérdida de sus características óptimas de desarrollo.

La contribución del Observatorio Peñalara - Alto lozoya

El mundo está cambiando por efecto de las actividades humanas. La Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y ordenación del Territorio está realizando un gran esfuerzo para conocer cómo estos cambios están afectando a nuestros ecosistemas de montaña más significativos.

La finalidad de las observaciones se está dirigiendo a conocer la vulnerabilidad de los sistemas al cambio climático, la posible mitigación de los efectos del mismo y cómo los sistemas se adaptan a aquél. Pero además, este trabajo contribuye modestamente al esfuerzo que están realizando miles de científicos en todo el mundo para conocer cómo está cambiando el funcionamiento de la biosfera y cómo repercuten estos cambios sobre la sociedad.

El caso concreto del Observatorio del Cambio Global en Peñalara, se manifiestan las siguientes oportunidades:

- Series relativamente largas y de distintas variables ecológicas, poblaciones o hábitats. Series de diversa resolución temporal, desde horaria/diaria (registradores automáticos, vigilantes) a centenares/miles de años (paleolimnología, palinología)
- En su entorno inmediato existe una de las series meteorológicas de alta montaña más largas de Europa (AEMET). Red Meteorológica propia, de amplia cobertura y llegando a la máxima cota del Guadarrama.
- Espacio Natural Protegido, lo que facilita su continuidad como observatorio ambiental y el diseño de estrategias a largo plazo para el seguimiento de ecosistemas.
- Fundamental como control local de las predicciones regionales / globales

Por el contrario, es importante destacar igualmente las siguientes carencias:

- Para asegurar su continuidad a largo plazo, es necesario obtener una financiación ligada a la monitorización del cambio global y no sólo a la gestión del Parque Natural (CM).
- Es deseable su integración en redes más amplias de seguimiento (aprovechar las sinergias), con estrategias y metodologías coordinadas.
- Hay que desarrollar estrategias de adaptación locales, si bien existen acciones puntuales que ya están en marcha.