

Lagunas de Montaña y Cambio Climático

Martínez-Sanz, Carlos

Investigador independiente, Doctor en Ecología por la Universidad de León (Área de ecología) - cmars@unileon.es



Introducción

Las lagunas de montaña de origen glaciar constituyen uno de los entornos acuáticos más remotos y vírgenes de Europa (Čiamporová-Zaťovičová *et al.*, 2010). Desde hace décadas son consideradas "sitios centinela" del cambio climático (Catalan *et al.*, 2009; Moser *et al.*, 2019), siendo particularmente sensibles al calentamiento climático (Gurung, 2005) y constituyendo sistemas ideales para el monitoreo a largo plazo de los cambios globales (Oertli *et al.*, 2008). Según las proyecciones de varios estudios, el calentamiento global no será uniforme, sino que variará considerablemente entre diferentes regiones; en particular, el cambio climático será mayor en latitudes y elevaciones altas (Auer *et al.*, 2007; Gobiet *et al.*, 2014). La alta sensibilidad de las zonas montañosas al cambio climático es claramente destacada por el IPCC, incidiendo además en que la pérdida neta de volumen en lagos naturales se atribuye en gran medida al calentamiento climático y el consumo humano de agua (Fangfang Yao *et al.*, 2023).

Durante los años 2004 a 2008 se muestrearon 55 lagunas de montaña de Castilla y León (España) en el marco de la tesis doctoral "Riqueza de macroinvertebrados litorales de lagunas de montaña: factores determinantes y patrones espaciales" (Martínez-Sanz, C., 2012). Se obtuvieron diversas conclusiones plasmadas en sendas publicaciones, mostrando inventarios completos sobre invertebrados bentónicos, estimadores de riqueza óptimos, factores que afectan a la diversidad de las comunidades biológicas presentes y recalculando la importancia de lagunas de pequeño tamaño tan olvidadas por la legislación europea. Todo ello teniendo como telón de fondo las crecientes hipótesis del cambio global, cambio climático o calentamiento climático (para gustos). Al margen de las conclusiones y de los modelos obtenidos en estos trabajos, una de las preguntas que inmediatamente surgió es si estas masas de agua conseguirían sobrevivir a lo largo de los años, si colapsarían o seguirían albergando agua a pesar de la cada vez peor situación provocada por el hipotético cambio climático. Al margen de las variaciones que hayan podido sufrir en la composición y estructura de su comunidad biológica, en su hidrodinámica fisicoquímica o en sus características hidromorfológicas, una de las maneras más intuitivas de conocer si estos sistemas se han visto afectado por los peores vaticinios del cambio climático es saber si siguen existiendo. El **objetivo** de este poster es observar si estas lagunas de montaña siguen presentes en la actualidad y desarrollar una hipótesis de partida en la que se analicen a fondo los efectos del cambio climático y la persistencia de la lámina de agua a lo largo del tiempo.

Resultados

No se observa disminución en la lámina de agua a lo largo de la serie fotográfica histórica seleccionada, tampoco el colapso o desaparición de ninguna de las lagunas mostradas. Ni siquiera en las zonas más someras se ve una notable disminución (Clara pequeña, Las Verdes, Helada). En los casos donde la profundidad es relativamente más elevada la estabilización del cuerpo de agua es muy alta (Ausente, Hoyos de Vargas, Malicioso). Además, cabe destacar la permanencia de sistemas extremadamente pequeños y que apenas vieron afectada su área de inundación (ej.: Gutre, Cuadrada y Las Lagunillas en Gredos, laguna de La Rebeza en la sierra de Gistredo y Laguna de la culebra en Urbión)

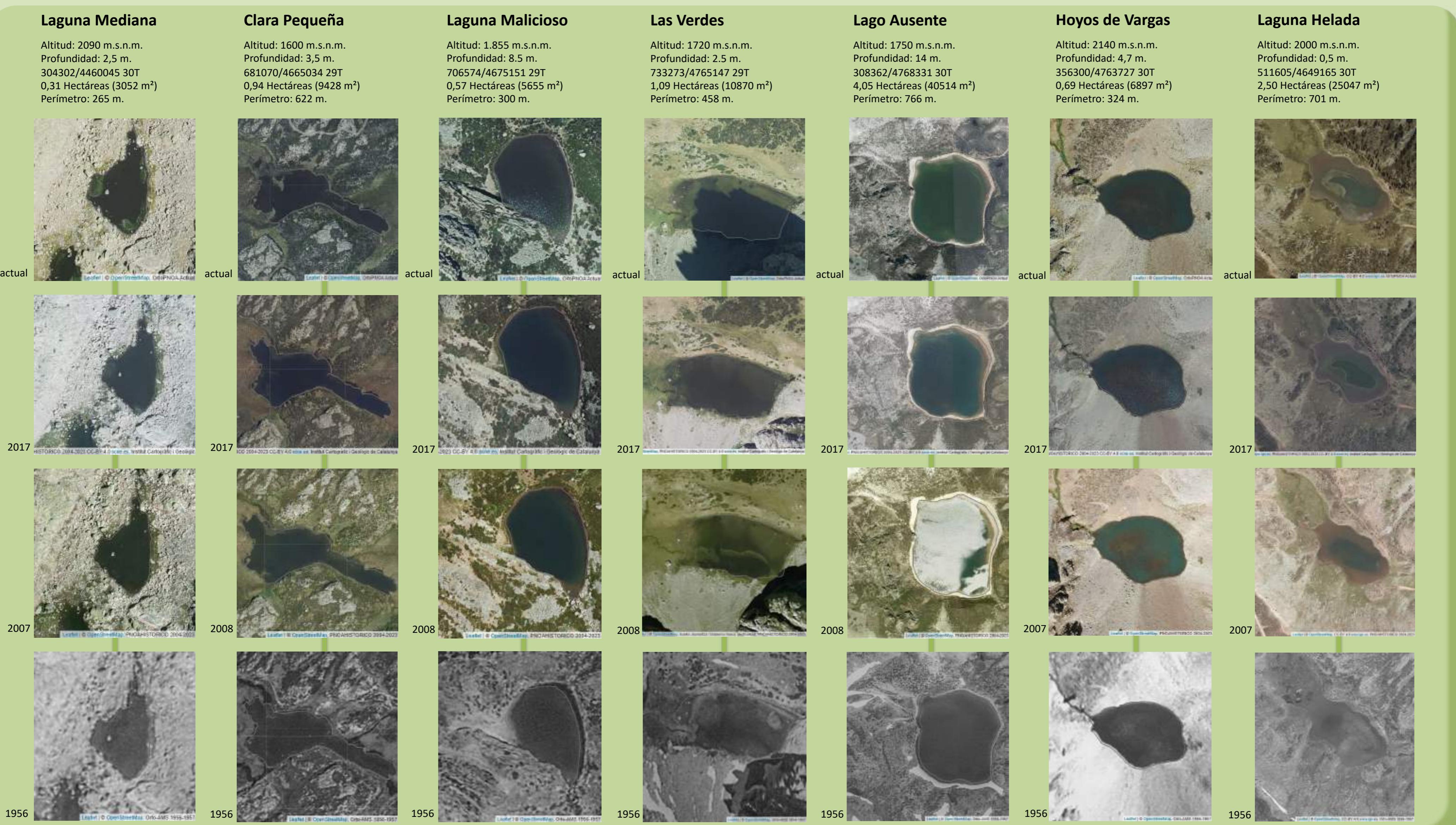
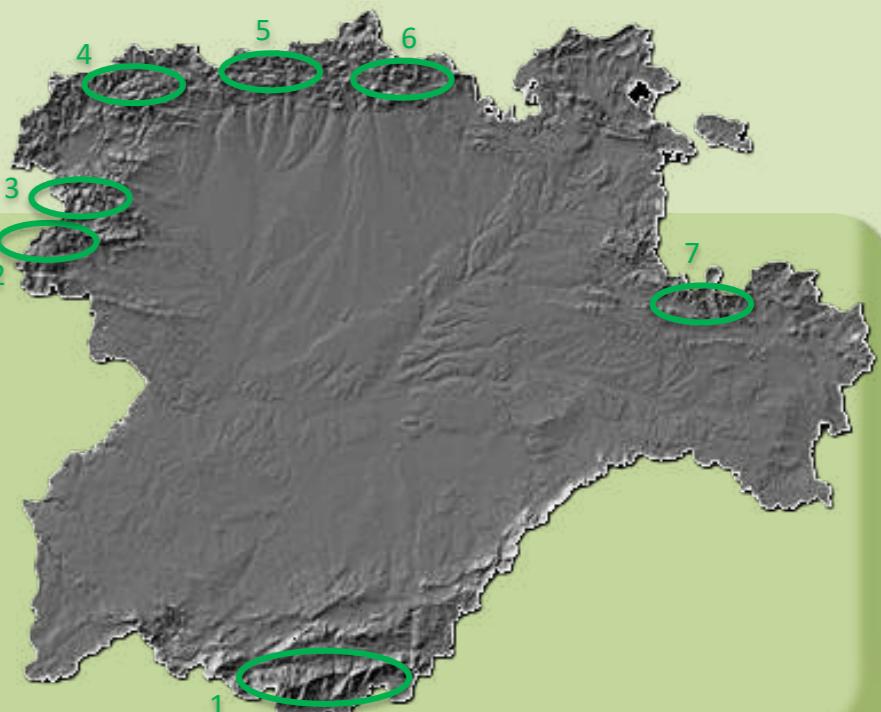
Métodos

Las observaciones satelitales de los cambios en el área de agua y los datos del nivel del agua pueden combinarse para construir batimetrías lacustres recientes y estimar las pérdidas de almacenamiento (Foteh *et al.*, 2018; Tesfaye *et al.*, 2023). A través del visor cartográfico de España GEAMAP, obtenemos las siguientes **ortofotos históricas**: PNOA del 2004 al 2019, vuelo fotogramétrico del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA); SIGPAC 1997-2003, ortoimágenes del vuelo SIGPAC realizadas entre 1997 y 2003 sobre la totalidad del territorio español; OLISTATO 1997-1998, ortoimágenes del vuelo OLISTAT; Vuelo Nacional 1981-1986, ortoimágenes a escala 1:30.000; Vuelo Interministerial de 1973 a 1986, con fotogramas en blanco y negro escala de vuelo aproximada 1:18.000; Americano Serie B, vuelo fotogramétrico realizado en los años 1956-57 por el Army Map Service de EEUU., con fotogramas en blanco y negro escala de vuelo 1:32.000.

La variación intermensual e interanual puede introducir variabilidad en el área exacta del cuerpo de agua presente, por lo que simplemente nos limitamos a observar en las diferentes ortofotos si la lámina de agua a lo largo de los años desaparece o sigue conservándose (objetivos de este estudio preliminar). Para ello se mide el área en la foto actual (dada en los encabezados por laguna) y se mantiene el polígono en todas las ortofotos siguientes mostradas para tener una referencia proporcional a la escala.

Área de estudio

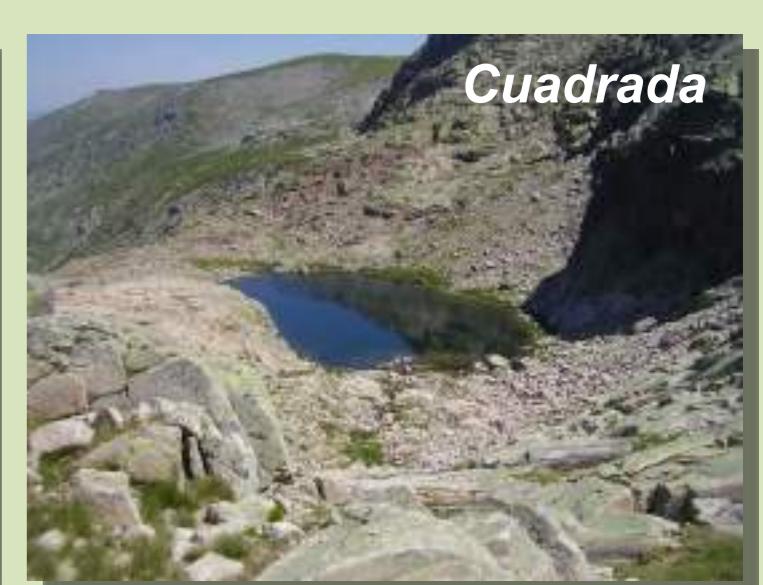
Se compararon fotos históricas de las 55 lagunas estudiadas en la tesis doctoral, además de otras 10 no incluidas en el estudio preliminar, mostrando en los resultados de este poster una representante de cada región montañosa que rodea la meseta norte, todas ellas en la comunidad de Castilla y León. Las 7 lagunas seleccionadas superan los 1700 m. s. n. m., son relativamente someras, de pequeño tamaño y su origen está relacionado con la actividad y geomorfología glaciar. Las principales regiones montañosas mostradas son: 1. Gredos (Laguna Mediana), 2. Sanabria (Clara Pequeña), 3. La Cabrera (Lago Malicioso), 4. Babia (Las Verdes), 5. San Isidro (Lago Ausente), 6. Fuentes Carrionas (Hoyos de Vargas) y 7. Urbión (Laguna Helada)



Conclusiones

El objetivo del estudio fue realizar una primera aproximación visual del estado en el que se encontraban en la actualidad las lagunas de montaña estudiadas a principios de este siglo ¿seguirán estando ahí?, resaltando o poniendo de manifiesto la importancia del mantenimiento de la lámina de agua como punto de partida o hipótesis para futuros estudios relacionados con el cambio climático y la ecología de estos sistemas. Como se puede observar **no han desaparecido ninguna** de las lagunas contempladas y, no sólo no han desaparecido, sino que en algunas ocasiones las fotos aéreas actuales muestran un mayor llenado en la serie histórica. En el caso de los cuerpos de agua de menor tamaño y de los más someros, tampoco se ve reducción alguna de su área de llenado actual. No se han aplicado los estadísticos pertinentes, por lo que no podemos extraer conclusiones de carácter significativo, pero sí podemos plantear una serie de disyuntivas que podrán ser utilizadas como hipótesis de partida en futuras investigaciones:

- suponiendo la existencia del cambio climático, este tipo de lagunas no se verían afectadas por sus efectos en términos de colmatación o desaparición, dejando de ser consideradas centinelas de estos procesos, pudiendo afectar (o no) únicamente a otros procesos ecológicos, pero no en la disminución significativa del cuerpo de agua y en su eventual desaparición.
- no existe el cambio climático en los términos y consecuencias pronosticadas en relación a estos sistemas, pudiendo seguir siendo considerados como centinelas de cambios globales futuros, tanto por sus características ecológicas estructurales como por las hidrodinámicas.



Bibliografía

- Auer, I. *et al.* (2007) HISTALP - historical instrumental climatological surface time series of the Greater Alpine Region. *Int. J. Climatol.* 27, 17–46. Catalan, J., Curtis, C. J., & Kernan, M. (2009) Remote European mountain lake ecosystems: regionalisation and ecological status. *Freshwater biology* 54: 2419-2432. Čiamporová-Zaťovičová Z, Hamerík L, Šporka F, & Bitušk P. (2010) Litoral benthic macroinvertebrates of alpine lakes (Tatra Mts) along an altitudinal gradient: a basis for climate change assessment. *Hydrobiologia*, 648: 19-34. Foteh, R., Garg, V., Nikam, B. R., Khadatere, M. Y., Aggarwal, S. P., & Kumar, A. S. (2018) Reservoir sedimentation assessment through remote sensing and hydrological modelling. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 46(11), 1893–1905. Gobiet, A. *et al.* (2014) 21st century climate change in the European Alps - a review. *Science of The Total Environment* 493, 1138-1151. Gurung, A.B. (2005) Global Change and Mountain Regions. GLOCHAMORE Research Strategy. Mountain Research Initiative, Bern. 48 pp. Martínez-Sanz, C., (2012). Riqueza de macroinvertebrados litorales de lagunas de montaña: factores determinantes y patrones espaciales. Tesis Doctoral, Universidad de León (León). 129 pp. Moser, K.A., Baron, J.S., Brahnay, J., Oleksy, I.A., Saros, J.E., Hundey, E.J., Sadro, S., Kopáček, J., Sommaruga, R., Kainz, M.J., Strecker, A.L., Chandra, S., Walters, D.M., Preston, D.L., Michelutti, N., Lepori, F., Spaulding, S.A., Christianson, K.R., Melack, J.M. & Smol, J.P. (2019) Mountain lakes: Eyes on global environmental change. *Global and Planetary Change* (Volume 178), 77-95. Oertli, B., Indermuehle, N., Angélilbert, S., Hinden, H., & Stoll, A. (2008). Macroinvertebrate assemblages in 25 high alpine ponds of the Swiss National Park (Cirque of Macun) and relation to environmental variables. *Hydrobiologia*, 597: 29-41. Tesfaye, A. T., Moges, M. A., Moges, M. M., Worqlu, A. W., Defersha, D. T., & Wassie, A. B. (2023). Reservoir sedimentation evaluation using remote sensing and GIS approaches for the reservoirs in the upper Blue Nile Basin. *Sustainable Water Resources Management*, 9(1), 23. Yao, F., Livneh, B., Rajagopalan, B., Wang, J., Crétaux, J.-F., Wada, Y., & Berge-Nguyen, M. (2023) Satellites reveal widespread decline in global lake water storage. *Science* 380(6646), 743-749.