

Ciudad	Participantes	Observaciones totales	Observaciones tras filtrado	Especies identificadas
Madrid	1.091	3.891	3649	25
Barcelona	820	1.086	885	20
Total	1.991	4.977	4534	30

Tabla 1. Datos de participación y del número de especies identificadas en ambas ciudades. Los datos mostrados han sido filtrados. Se obtuvieron 3.891 observaciones para Madrid y 1.089 para Barcelona, de las que se filtraron 209 (~ 5.4 %) y 205 (18.82%) observaciones respectivamente ya que no cumplían los requisitos, así como especies de líquenes que no hemos podido identificar solo con las fotografías.

Bibliografía

- Asta, J., W. Erhardt, M. Ferretti, F. Fornasier, U. Kirschbaum, P. L. Nimis, O.W. Purvis, S. Pirentos, C. Scheidegger & C. Van Haluwyn (2002) Mapping Lichen Diversity as an Indicator of Environmental Quality. In: Nimis P. L., C. Scheidegger & P.A. Wolseley (eds) *Monitoring with Lichens — Monitoring Lichens*. NATO Science Series (Series IV: Earth and Environmental Sciences), vol 7. Springer, Dordrecht.
- Callaghan, C. T., J. J. Rowley, W. K. Cornwell, A. G. Poore & R. E. Major (2019). Improving big citizen science data: moving beyond haphazard sampling. *PLoS biology* 17: e3000357.
- Cislaghi, C. & P. L. Nimis (1997) Lichens, air pollution and lung cancer. *Nature* 387: 463-464.
- Crespo, A., E. Manrique, E. Barreno & E. Serriá (1977) Valoración de la contaminación atmosférica del área urbana de Madrid mediante bioindicadores (líquenes epífitos). *Anales del Instituto Botánico A. J. Cavanilles* 34: 71-94.
- Delaney, D. G., C.D. Sperling, C.S. Adams & B. Leung (2008). Marine invasive species: validation of citizen science and implications for national monitoring networks. *Biological Invasions*, 10: 117-128.
- Grube M, D.L. Hawksworth (2007) Trouble with lichen: the re-evaluation and re-interpretation of thallus form and fruit body types in the molecular era. *Mycological Research* 111:1116-1132
- Honegger, R (2008). Mycobionts. In: Nash, T H. *Lichen biology* (2nd ed.). Cambridge, UK: Cambridge University Press, 27-39.
- Kosmala, M., A. Wiggins, A. Swanson & B. Simmons (2016). Assessing data quality in citizen science. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 14: 551-560.
- Lelieveld, J., K. Klingmüller, A. Pozzer, U. Pöschl, M. Fnais, A. Daiber & T. Münzel (2019). Cardiovascular disease burden from ambient air pollution in Europe reassessed using novel hazard ratio functions. *European heart journal*, 40: 1590-1596.
- Lücking, R., B.P. Hodkinson & S.D. Leavitt (2017). The 2016 classification of lichenized fungi in the Ascomycota and Basidiomycota—Approaching one thousand genera. *The Bryologist*, 119: 361-416.
- Lukyanenko, R., J. Parsons & Y.F. Wiersma (2016). Emerging problems of data quality in citizen science. *Conservation Biology*, 30: 447-449.
- Matos, P., L. Geiser, A. Hardman, D. Glavich, P. Pinho, A.M.V.M. Nunes, Soares, & C. Branquinho (2017). Tracking global change using lichen diversity: towards a global-scale ecological indicator. *Methods in Ecology and Evolution*, 8: 788-798.
- McKinley, D. C., A.J. Miller-Rushing, H.L. Ballard, R. Bonney, H. Brown, S.C. Cook-Patton, D.M. Evans, R.A. French, J.K. Parrish, T.B. Phillips, S.F. Ryan, L.A. Shanley, J.L. Shirk, K.F. Stepenuck, J.F. Weltzin, A. Wiggins, O.D. Boyle, R.D. Briggs, S.F. Chapin III, D.A. Hewitt, P.W. Preuss & M.A. Soukup (2017). Citizen science can improve conservation science, natural resource management, and environmental protection. *Biological Conservation*, 208: 15-28.
- Seed, L., P. Wolseley, L. Gosling, L. Davies & S.A. Power (2013). Modelling relationships between lichen bioindicators, air quality and climate on a national scale: results from the UK OPAL air survey. *Environmental Pollution*, 182: 437-447.
- Sterrett, S. C., R.A. Katz, W.R. Fields & E.H. Campbell Grant (2019). The contribution of road based citizen science to the conservation of pond breeding amphibians. *Journal of Applied Ecology*, 56: 988-995.
- Tregidgo, D. J., S.E. West & M.R. Ashmore (2013). Can citizen science produce good science? Testing the OPAL Air Survey methodology, using lichens as indicators of nitrogenous pollution. *Environmental pollution*, 182: 448-451.

ALEJANDRO BERLINCHES DE GEA^{1,2} Y SERGIO PÉREZ-ORTEGA²

1. Laboratory of Nematology, Wageningen University & Research, Droevendaalsesteeg 1, 6708PB Wageningen, The Netherlands.

2. Departamento de Micología, Real Jardín Botánico, CSIC, Plaza de Murillo, 2, 28014 Madrid.

Sin fronteras

Hacia la evaluación del impacto de la escalada sobre la biodiversidad vegetal Mediterránea para promover medidas de conservación transfronterizas: proyecto *WorldClimb*

Debido al rápido crecimiento urbanístico y a la despoblación rural existente a nivel global, la naturaleza ha adquirido un nuevo valor, clave para la salud mental y el bienestar emocional de las personas (Bratman *et al.*, 2019). Esto se ha evidenciado aún más tras el confinamiento por la COVID-19, ya que la naturaleza ha servido como bálsamo para minimizar el estrés generado en la especie humana por la pandemia. Además, durante los últimos años, los espacios naturales han experimentado un gran auge de visitantes que realizan actividades deportivas como el senderismo, la escalada en roca, el ciclismo o los *trails* de montaña (Burgin and Hardiman, 2012). Por ello, los espacios naturales son hoy, además de

lugares de especial interés para la conservación de la biodiversidad, entornos clave para el bienestar psicológico y físico de las personas (Bratman *et al.*, 2019; Burgin Hardiman, 2012). Esto conlleva un gran desafío para su gestión, ya que estas actividades son también una potencial amenaza para el medio natural y para sus especies.

Entre estas actividades deportivas, la escalada merece especial atención. Su popularidad ha crecido enormemente y tiene unas previsiones de aumento de alrededor del 50-86% para los próximos 30 años (Cordell, 2012). Estos datos pueden ser aún mayores tras su presencia por primera vez en

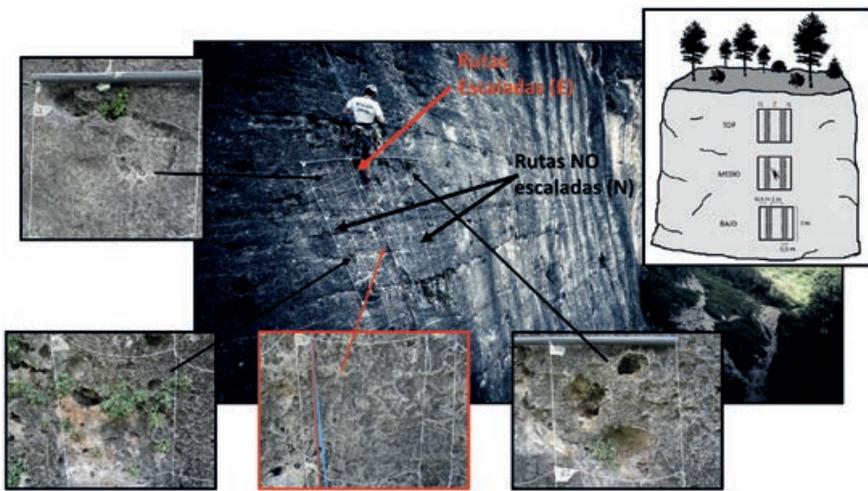


Figura 1. Metodología llevada a cabo en este estudio. En la esquina superior derecha se representa el diseño experimental, mostrando las medidas del cuadrante y su disposición en tres alturas del roquedo. Las fotografías muestran un ejemplo concreto de los trabajos de campo en Patones (Madrid, España). Se aprecia cómo se situó el cuadrante en vías de escalada seleccionadas, para identificar las especies presentes y cuantificar individuos y su cobertura en rutas de escaladas ("E", en rojo) y en rutas de No escaladas ("N", en negro) dentro del cuadrante.

los próximos Juegos Olímpicos de Tokyo. Este auge les está llevando a ejercer una creciente presión sobre los organismos que habitan los roquedos, los cuales pueden albergar una gran diversidad vegetal, con un alto número de especies endémicas y en peligro de extinción (Larson *et al.*, 2000).

Las especies de roquedos crecen en condiciones severas y limitantes. Los acantilados y roquedos son ambientes con alta sequía por estar expuestos directamente a la radiación solar, con una alta erosión y con escaso sustrato para que las especies puedan asentarse y conseguir nutrientes (Larson *et al.*, 2000). Si a esto le sumamos el paso reiterado de los escaladores, las poblaciones pueden sufrir un impacto difícil de resistir, con incluso consecuencias nefastas en algunos casos. Los individuos podrían ser dañados o arrancados, las poblaciones divididas, o el banco de semillas presente en las grietas puede ser sustraído. Estos potenciales efectos negativos pueden apreciarse en ocasiones a simple vista.

A pesar del impacto sobre las comunidades vegetales, pocos estudios han evaluado los efectos de la escalada sobre la vegetación de los roquedos. Los pocos existentes se realizaron a escala local en determinados países como Alemania, España, Suiza, Canadá o USA (Clark Hessl, 2015; Lorite *et al.*, 2017; March-Salas *et al.*, 2018; Schmera *et al.*, 2018). Además, no siempre fueron realizados de manera adecuada (Holzschuh, 2016) ni la selección de las localidades de estudio se hizo con criterios de conservación. Por lo tanto, es necesario realizar estudios exhaustivos a mayor escala geográfica que permitan evaluar si existe un patrón común y general de perturbación.

Nuestro proyecto, *WorldClimb*, pretende evaluar por primera vez el efecto de la escalada sobre las comunidades vegetales a escala global, tras contar con la financiación de *National Geographic Society* (NGS), *American Alpine Club* (AAC) y la Asociación Española de Ecología Terrestre (AEET). Este proyecto abarca todas las regiones Mediterráneas distribuidas en cuatro continentes, incluyendo localidades del sur y oeste de Australia, la región Capense de Sudáfrica, la Cuenca del Mediterráneo, determinadas áreas de California en USA y la región central de Chile. Seleccionamos estas regiones porque el clima Mediterráneo es ideal para practicar la escalada durante todo el año, lo que lleva a multitud de escaladores a elegir sus paredes para realizar sus actividades. Además, la región Mediterránea es un hotspot de biodiversidad vegetal (Myers *et al.*,

2000), contando con una gran cantidad de plantas endémicas y en peligro de extinción (Rundel *et al.*, 2016). Un ejemplo claro de esto es España, siendo uno de los grandes destinos internacionales de escalada en roca con más de 1.000 áreas de escalada en espacios naturales y más de 200.000 practicantes (Lorite *et al.*, 2017) y contando con más de 240 especies vegetales de roquedos con algún grado de amenaza (Bañares *et al.*, 2004).

Para llevar a cabo este ambicioso proyecto, diseñamos una metodología basada en establecer un cuadrante de muestreo a tres alturas diferentes de un roquedo, donde existen vías de escalada establecidas y frecuentemente utilizadas por los escaladores (Fig. 1). Utilizando este cuadrante, se identifican las especies de plantas presentes en las "Ruta de Escalada" y en las áreas adyacentes a la misma, fuera del alcance del escalador ("Rutas No Escaladas"; Fig. 1). Esta metodología nos permite muestrear en el mismo roquedo sin los sesgos de la selección o situación del roquedo. Además, permitirá conocer la composición de las comunidades vegetales en áreas de escalada, así como hacer un seguimiento a largo plazo mediante re-muestreo, ya que conocemos el punto exacto donde se colocó el cuadrante de muestreo.

En uno de nuestros estudios pilotos observamos que no solamente hay que considerar las especies endémicas específicas de este sustrato, sino también la diversidad de especies generalistas (es decir, que aparecen en otros hábitats), que en conjunto conforman un mosaico único en estos hábitats (March-Salas *et al.*, 2018; Müller *et al.*, 2004). Las especies generalistas pueden llegar a representar más del 70% de las especies que habitan los roquedos y el efecto de la escalada puede ser incluso mayor que para especies especialistas (March-Salas *et al.*, 2018). Esto es debido a que las especies generalistas no cuentan con los mecanismos adaptativos fisiológicos y funcionales adecuados para su crecimiento en estas duras condiciones (Fig. 2). De este modo, si desaparecen plantas endémicas y especialistas, por estar adaptadas a sobrevivir en el tipo de ambiente que existe en los roquedos,

En uno de nuestros estudios pilotos observamos que no solamente hay que considerar las especies endémicas específicas de este sustrato, sino también la diversidad de especies generalistas (es decir, que aparecen en otros hábitats), que en conjunto conforman un mosaico único en estos hábitats (March-Salas *et al.*, 2018; Müller *et al.*, 2004). Las especies generalistas pueden llegar a representar más del 70% de las especies que habitan los roquedos y el efecto de la escalada puede ser incluso mayor que para especies especialistas (March-Salas *et al.*, 2018). Esto es debido a que las especies generalistas no cuentan con los mecanismos adaptativos fisiológicos y funcionales adecuados para su crecimiento en estas duras condiciones (Fig. 2). De este modo, si desaparecen plantas endémicas y especialistas, por estar adaptadas a sobrevivir en el tipo de ambiente que existe en los roquedos,

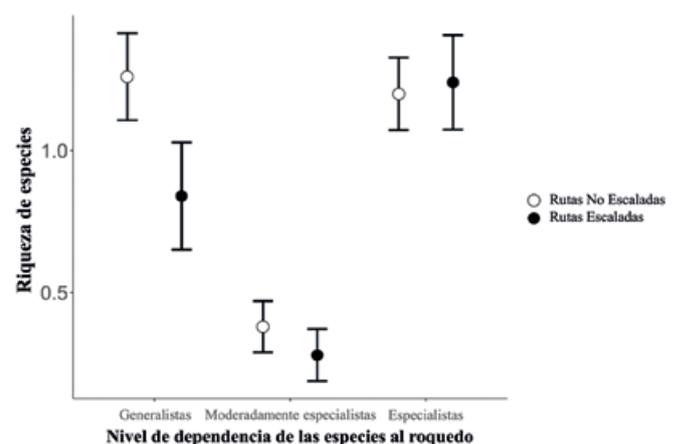


Figura 2. Esta gráfica extraída del artículo publicado por March-Salas y colaboradores en 2018, en la revista *Applied Vegetation Science*, muestra que la escalada genera un efecto negativo mayor sobre especies generalistas que sobre especies no generalistas (tanto las moderadamente especialistas como las especialistas de roquedos). Esto indica que las especies especialistas, evolutivamente adaptadas a los roquedos, pueden tolerar más las adversidades generadas por los escaladores que las especies generalistas.

podríamos perder especies únicas e imprescindibles para la configuración de estos hábitats. Si por el contrario desaparecen especies generalistas, podemos encontrarnos con dos escenarios: o bien estas especies generalistas podrán ser sustituidas por las especies especialistas que ya habitan estos roquedos (Fig. 3A), o por el contrario no podrán ser reemplazadas y los roquedos estarán desprovistos de vegetación (Fig. 3B). La pérdida de individuos puede conllevar también la fragmentación de las poblaciones de determinadas especies, ya que los individuos se encontrarían cada vez más alejados entre sí. Esto dificultaría su reproducción, causando una disminución de descendientes y una consecuente reducción de sus poblaciones, lo que podría causar una eventual desaparición. En cualquiera de los dos casos, existirá una pérdida de biodiversidad y una degradación de estos entornos. Esto requiere especial atención en ecosistemas Mediterráneos, cuya biodiversidad es especialmente sensible al actual cambio climático, y por tanto, el impacto de la escalada sobre la biodiversidad mediterránea puede ser aún más perjudicial que sobre la biodiversidad de otros lugares del planeta.

A pesar de que el perfil del escalador suele estar asociado con personas amantes y respetuosas con la naturaleza, creemos que mucho del impacto negativo generado sobre las comunidades vegetales, puede estar asociado al gran aumento del número de escaladores en entornos naturales y, quizás especialmente al desconocimiento o desinformación que tienen los escaladores sobre los valores naturales en los alrededores de las rutas de escalada. Sin embargo, hay que reconocer que cada vez existe más concienciación entre los escaladores y organizaciones relevantes como *Escalada Sostenible* o las propias federaciones (ej. FEDME), que demandan estudios científicos precisos que determinen el impacto real y que especifiquen medidas para la conservación de la biodiversidad. En el proyecto *WorldClimb* creemos que es clave realizar grandes esfuerzos en difusión y crear una sincronía entre escaladores, gestores de espacios naturales y científicos, ya que los propios escaladores son el pilar para una conservación a largo plazo de la biodiversidad de muchos hábitats como los roquedos, y son imprescindibles para conseguir más y mejor información sobre la situación de las poblaciones vegetales. Por ejemplo, podrían aplicarse medidas como limitaciones temporales y de aforo (ej. Durante el periodo reproductivo) aprobadas por los tres grupos (escaladores,

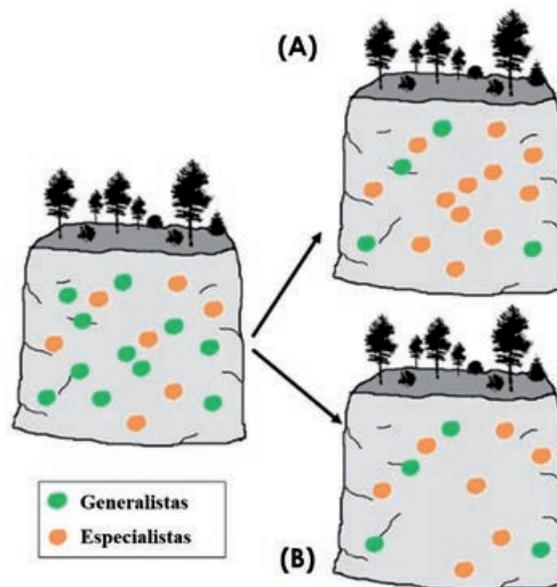


Figura 3. Representación de dos escenarios hipotéticos de potenciales efectos de la escalada sobre comunidades vegetales. Este ejemplo muestra una desconfiguración del mosaico de vegetación del roquedo con respecto a un roquedo inicial primigenio y no alterado (escenario a la izquierda): el escenario (A) indica el reemplazo de especies generalistas (en verde) por especies especialistas (en naranja) y el escenario (B) la pérdida de las especies generalistas sin reemplazo.

gestores y científicos), actividades de concienciación e información (ej. Carteles informativos o cursos divulgativos), o la participación activa de los escaladores en la toma de datos. Esto permitiría seguir disfrutando de estos entornos sin prescindir del desarrollo de actividades como la escalada, que generan un bienestar social y mental, así como beneficios económicos. Por tanto, una mayor concienciación y más estudios pueden generar el conocimiento y el trasvase de información necesario para reducir considerablemente el daño, permitiendo así que haya una convivencia sostenible entre la escalada y la conservación de la biodiversidad. La naturaleza nos necesita a todos.

Agradecimientos

Gracias a National Geographic Society (NGS - Grant number EC-50532R-18), American Alpine Club (AAC) y la Asociación Española de Ecología Terrestre (AEET) por el apoyo financiero del proyecto y sobre todo gracias a todo el equipo *WorldClimb* por hacer el proyecto posible y a Miguel Moreno por iniciar este trabajo.

Bibliografía

- Bañares A., Blanca G., Güemes J., et al. (2004). *Atlas y Libro rojo de la flora vascular amenazada de España*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente Medio Rural y Marino.
- Bratman, G. N., Anderson, C. B., Berman, M. G., Cochran, B., de Vries, S., Flanders, J., et al. (2019). Nature and mental health: An ecosystem service perspective. *Science Advances* 5(7), eaax0903.
- Burgin, S., and Hardiman, N. (2012). Extreme sports in natural areas: looming disaster or a catalyst for a paradigm shift in land use planning? *Journal of Environmental Management* 55, 921-940.
- Clark, P., and Hessel, A. (2015). The effects of rock climbing on cliff-face vegetation. *Applied Vegetation Science* 18, 705-715.
- Cordell, H. K. (2012). *Outdoor recreation trends and futures: a technical document supporting the Forest Service 2010 RPA Assessments General Technical Reports SRS-150*. Asheville, NC: US Department of Agriculture Forest Service, Southern Research Station, 167 p., 150, 1-167.
- Holzschuh, A. (2016). Does rock climbing threaten cliff biodiversity? - A critical review. *Biological Conservation* 204, 153-162.
- Larson, D. W., Matthes, U., and Kelly, P. E. (2000). *Cliff ecology: pattern and process in cliff ecosystems*. Cambridge University Press.
- Lorite, J., Serrano, F., Lorenzo, A., Cañadas, E. M., Ballesteros, M., and Peñas, J. (2017). Rock climbing alters plant species composition, cover, and richness in Mediterranean limestone cliffs. *PLoS One* 12, e0182414.
- March-Salas, M., Moreno-Moya, M., Palomar, G., Tejero-Ibarra, P., Haeuser, E., and Pertierra, L. R. (2018). An innovative vegetation survey design in Mediterranean cliffs shows evidence of higher tolerance of specialized rock plants to rock climbing activity. *Applied Vegetation Science* 21, 289-297.
- Müller, S. W., Rusterholz, H.-P., and Baur, B. (2004). Rock climbing alters the vegetation of limestone cliffs in the northern Swiss Jura Mountains. *Applied Vegetation Science* 7, 35-40.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Fonseca, G. A. B., and Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403(6772), 853-858.
- Rundel, P. W., Arroyo, M. T. K., Cowling, R. M., Keeley, J. E., Lamont, B. B., and Vargas, P. (2016). Mediterranean Biomes: Evolution of Their Vegetation, Floras, and Climate. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 47, 383-407.
- Schmera, D., Rusterholz, H., Baur, A., and Baur, B. (2018). Intensity-dependent impact of sport climbing on vascular plants and land snails on limestone cliffs. *Biological Conservation* 224, 63-70.