

Convocatoria de ayuda a proyectos de investigación liderados por jóvenes investigadores (9ª ed., 2019)

1. Datos de identificación.

Título de la propuesta	<i>WORLDCLIMB - Evaluación del impacto de la escalada sobre la flora, los musgos y los líquenes de los roquedos mediterráneos: implementación en Chile.</i>
Categoría	Tomando la iniciativa
Nombre y apellidos del Beneficiario	Martí March Salas
Datos de contacto: e-mail y teléfono	martimarchsalas@gmail.com +34 661362679
Departamento/Instituto/Grupo de Investigación/Otros	Departamento de Biodiversidad y Biología Evolutiva, Museo Nacional de Ciencias Naturales (Madrid, España)
Dirección, código postal, provincia	Calle Castillo 19, 3G. 28010. Madrid (España)

2. Memoria Técnica. Actividades y resultados de investigación

2.1. *Introducción (Planteamiento, objetivos y justificación)*

Los roquedos han sido históricamente uno de los hábitats menos alterados por los humanos (Farris, 1995). Sin embargo, en los últimos años, la escalada deportiva ha crecido enormemente en popularidad, ejerciendo una creciente presión sobre los organismos que habitan los roquedos, y se prevé un incremento de su actividad en al menos un 50% en los próximos 30 años (Cordel, 2012). Esto es especialmente crítico en el caso de organismos sésiles como plantas, musgos o líquenes, con numerosos ejemplos de endemismos refugiados, que se encaramaron a las rocas para persistir pero que ahora son vulnerables al paso de los escaladores. Además, mientras que ya existen ciertas medidas para proteger las aves que nidifican en estos hábitats (e.g. Covy et al. 2019), no existen apenas medidas para proteger a plantas, líquenes y musgos.

No deja de sorprender que, pese a las duras condiciones de los roquedos (alta exposición al sol y sequedad, alta erosión, poco sustrato...), éstos albergan una gran diversidad de especies (ej. Muller 2006), contando con un sustancial número de especies endémicas vegetales y en peligro de extinción. Sin embargo, debido a la dificultad que implica su muestreo, los roquedos siguen siendo, a día de hoy, hábitats infra-estudiados y pocos estudios han evaluado los efectos de la escalada sobre la vegetación de estos hábitats. El estudio de estos organismos requiere muestreos rigurosos *in situ*, metodologías precisas, conocimientos técnicos en escalada y conocimientos de la biología, ecología e identificación de los mismos. Además, los estudios existentes están muy localizados al realizarse en zonas de escalada concretas de Suiza (Müller 2006; Müller et al. 2004; Rusterholz et al. 2004), España (Lorite et al. 2017; March-Salas et al. 2018), Alemania (Thiel & Spribille 2007), EEUU (Farris 1995; Clark & Hessler 2015) y Canadá (McMillan & Larson 2003; Kuntz & Larson 2005; Adams & Zaniewski. 2012). Asimismo, una revisión reciente señaló que muchos de estos estudios contenían sesgos en la sistemática utilizada (Holzschuh 2016). Por lo tanto, no existen estudios que evalúen esta problemática de

una manera global, generalista e integradora para extraer conclusiones consistentes y conseguir proponer medidas de gestión y protección. Nos encontramos así en un momento crítico en el que necesitamos conocer el impacto actual y potencial en estos hábitats, a fin de prevenir la pérdida de la singular biodiversidad que albergan.

Nosotros escogimos realizar un estudio de los efectos de la escalada en roquedos con clima Mediterráneo, ya que es uno de los biomas más frágiles, pero, al mismo tiempo, más biodiversos y extendidos del planeta y porque está presente en países de la Cuenca Mediterránea, EE.UU., Australia, Sudáfrica y Chile (Fig. 1). *National Geographic* y *American Alpine Club* me otorgaron fondos para realizar muestreos en Australia, California, España y Sudáfrica, y la ayuda de la AEET nos ha servido para acometer los muestreos de Chile Central, que cuenta con clima Mediterráneo y que representa el primer estudio realizado en todo Latinoamérica en esta temática. Además, los roquedos de la zona mediterránea de Chile están muy frecuentados por escaladores y cuentan con bajo control de esta actividad, por lo que su estudio es clave para la preservación de estos enclaves. Finalmente destacar que esta ayuda permitió completar el ambicioso objetivo de muestrear todas las regiones mediterráneas del planeta, convirtiéndose así en el primer estudio a gran escala que enmarca la situación a nivel global y que integra la metodología en este campo.

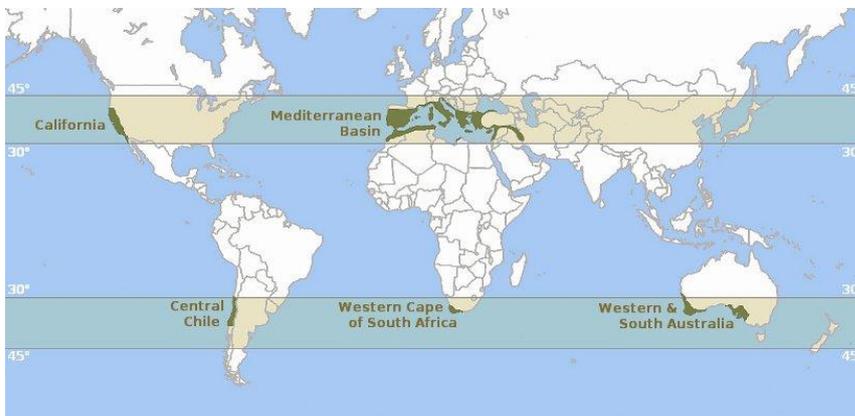


Figura-1. Mapa de las cinco regiones mediterráneas del mundo (Tomado de Llorens et al. 2007).

Este estudio se creó con los siguientes objetivos:

Objetivo general del proyecto: llevar a cabo el primer estudio a gran escala geográfica que determine los efectos de la escalada sobre las plantas, musgos y líquenes presentes de los roquedos. Para ello se determinará la cobertura, abundancia, riqueza y composición de plantas, y la cobertura de musgos y líquenes en zonas frecuentadas y no frecuentadas por escaladores para comprender los impactos potenciales de esta actividad e implementar así medidas adecuadas de gestión y conservación en estos hábitats.

Objetivos específicos:

1. Conocer el estado actual de las poblaciones de plantas en roquedos de la zona mediterránea de Chile.
2. Establecer una sistemática de muestreo consistente y unificada en un campo infra-estudiado para crear un precedente para futuros estudios.
3. Long-Term Ecological Research (LTER): Crear un punto de partida para monitorear estas áreas en los próximos años y evaluar sí y cómo van variando los efectos de la escalada a largo plazo.

4. Delimitar grados de riesgos y planes de actuación por áreas, para ayudar así las labores de los gestores/técnicos de parques y áreas protegidas en este respecto.

Así, este estudio pretende crear un precedente para una gestión adecuada y una conservación efectiva de estos hábitats únicos.

2.2. Descripción de la ejecución- Metodología

Para examinar las diferencias en riqueza de especies, abundancia, composición y cobertura vegetal, y la cobertura líquénica y de musgos entre los transectos frecuentados y no frecuentados por el escalador, diseñamos un muestreo 'caso-control', implantando un cuadrante de 3 m x 3 m a tres diferentes alturas del roquedo (Fig. 2). Cada cuadrante se dividió en cinco transectos (Fig. 2): un transecto central de 1 m de ancho de frecuente uso del escalador ('Climbed', C), dos transectos de 0,5 m de ancho a la izquierda y derecha de esta ruta central que no se muestrean por la potencial pero no garantizada influencia del escalador, y dos transectos de 0,5 m en los dos laterales del cuadrante que no son accesibles para el escalador (control; 'Unclimbed', U).

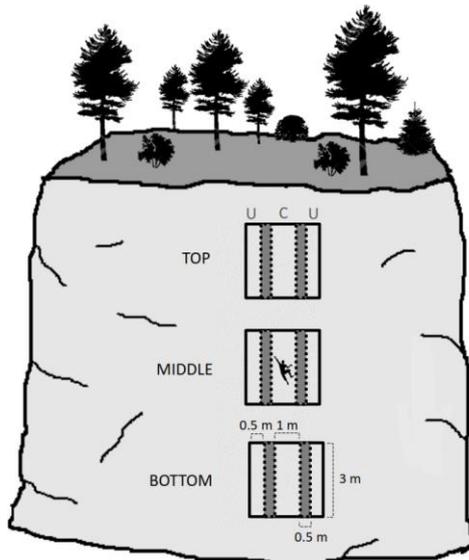


Figura 2. El diseño experimental del muestreo consiste en tres cuadrantes de 3 m x 3 m que se sitúan en las secciones inferior ('bottom'), media ('middle') y superior ('top') del roquedo. Cada cuadrante se dividió en cinco zonas: un transecto central escalado (climbed, C), dos transectos no muestreables a la izquierda y derecha del transecto central 'C' (en gris oscuro), y dos transectos en los laterales del cuadrante no accesibles para el escalador (unclimbed, U).

Además, cada transecto se dividió en subparcelas de 0,5 x 0,5 m (ver Fig. 3) para realizar una fotografía de cada subparcela (*photoplot-based sampling*; Elzinga et al. 2015). *In situ*, se identificaron las especies vegetales presentes en los cuadrantes y se realizaron conteos de los individuos por cada especie. Además, se hicieron anotaciones del estado fenológico de cada individuo. Posteriormente, en el laboratorio, se medirá la cobertura de cada uno de ellos mediante el análisis de las fotografías, así como calcular la riqueza de especies vegetales y la composición en el roquedo, y la cobertura total de líquenes y musgos. Para eliminar el posible sesgo producido por las características físicas del roquedo, se midió *in situ* la pendiente por transecto y cuadrante, así como el porcentaje de grietas presentes. Estas medidas son necesarias ya que el establecimiento y la supervivencia de plantas es más restrictivo cuanto

más negativa es la pendiente y menor porcentaje de grietas exista, y se tendrán en consideración en el análisis de los datos. También se considerará en estos análisis la orientación de la vía y la intensidad de la escalada de cada punto, que se determinará mediante el cálculo del 'CUI' (Potential Climbing-Use Intensity; Clark & Hessl 2015). El impacto de la escalada sobre la vegetación se analizará mediante modelos espaciales, modelos lineales y modelos lineales mixtos con el programa R.

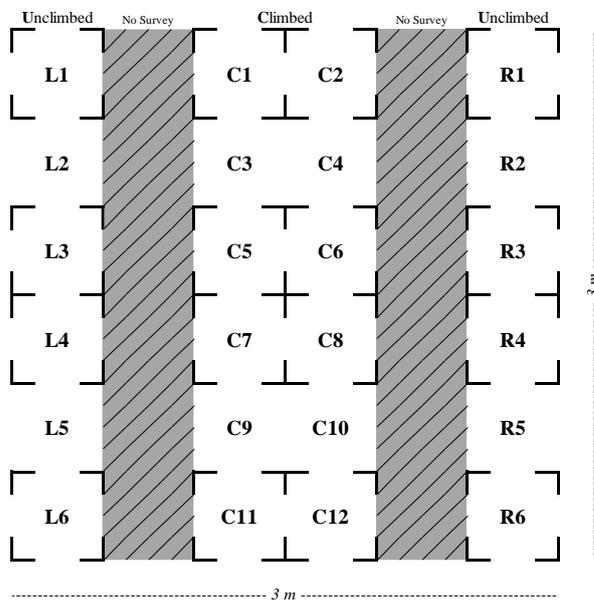


Figura 3. División en subparcelas de 0,5 m x 0,5 m del cuadrante de muestreo.

2.3. Resultados obtenidos (cumplimiento de objetivos)

Durante la primavera temprana austral de 2019, se muestrearon *in situ* 20 vías de escalada en cuatro puntos/escuelas de escalada de la región Mediterránea de Chile (ver Fig. 4):

- (1) **Chacabuco** (Norte de la Región Metropolitana/Sur de la Región Valparaíso): 3 vías.
- (2) **Los Trapenses** (Región Metropolitana): 4 vías.
- (3) **Lo Curro** (Región Metropolitana): 3 vías
- (4) **El Pangal, Coya** (Región de O'Higgins; ver Fig. 5): 10 vías.

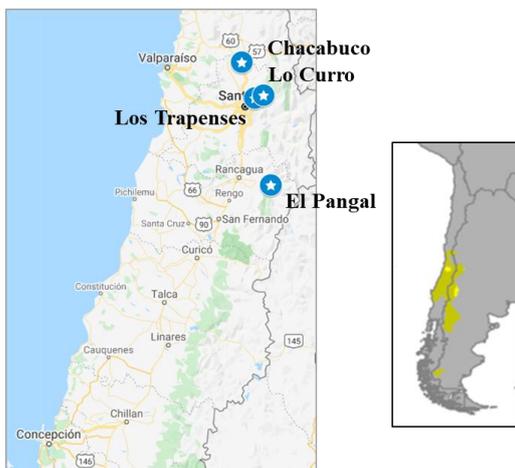


Figura 4. Zonas de escalada muestreadas en la región mediterránea de Chile (en amarillo en el mapa de la derecha).



Figura 5. Foto de uno de los roquedos muestreados en El Pangal (Región de O'Higgins, Chile)

Estos puntos se caracterizaron por estar frecuentados por escaladores, contar con vegetación en las paredes y estar dentro del clima Mediterráneo. Se muestrearon **38 especies de plantas y 614 individuos**, siendo interesante la presencia de cactáceas, ya que no se encontraron especies de esta familia en las otras regiones mediterráneas muestreadas (Fig. 6). Análisis preliminares muestran un efecto de la escalada en la abundancia de individuos en Los Trapenses, Lo Curro y El Pangal, y una tendencia también en Chacabuco, pero estamos en proceso de realizar análisis más exhaustivos para mostrar resultados definitivos.



Figura 6. Cactacea (izquierda) u Liliacea (derecha) muestreada en Chacabuco (Chile)

Además, acudimos a Las Chilcas (Región de Valparaíso) y al Cajón del Maipo (Región Metropolitana) como potenciales puntos de muestreo, pero fueron descartados debido a la escasa vegetación presente en los roquedos. El Valle de los Cóndores (Región de Maule) era otro de los puntos potenciales de estudio, pero también fue descartado por la escasez de individuos observada por colaboradores locales.

Este estudio en Chile permitió completar muestreos en todas las regiones mediterráneas, llevando a cabo el primer estudio a gran escala geográfica que determina los efectos de la escalada sobre las plantas, musgos y líquenes presentes de los roquedos y cumpliendo el

objetivo general del trabajo. En los próximos meses analizaremos los datos recolectados y evaluaremos si existe un patrón común del impacto de la escalada entre los diferentes puntos de muestreo mediterráneos. Esto pretende servir como aproximación para implementar planes de conservación y gestión en estos hábitats (tanto a escala local como medidas generales), pretende generar una prolífica red de comunicación entre zonas protegidas alejadas geográficamente y sus resultados serán publicables en revistas de Conservación y Ecología Aplicada.

La metodología que hemos implementado en el proyecto nos permitirá realizar muestreos continuados y de alta precisión en años sucesivos, lo que podrá llevar a: (1) evaluar si el rápido aumento de la popularidad de la escalada supone un impacto negativo creciente sobre los organismos; y (2) realizar seguimientos de especies y poblaciones que necesitan medidas de protección. Para ello, se ha implicado a investigadores locales (Myriam Ramirez –Universidad de La Serena–, Marco A. Molina-Montenegro –Universidad de Talca–, Maibe Hermoso –Universidad de La Serena– y Ana Navarro Campoy –Universidad de Concepción–) y asociaciones locales ([Acceso PanAm](#): organización internacional dedicada a conservar los accesos a las áreas de escalada y montañismo en Latinoamérica) para continuar con el muestreo y crear una futura red de ciencia ciudadana. Además, en otras localidades hemos establecido acuerdos de colaboración para implicar en el estudio a gestores de espacios protegidos y a organizaciones de escaladores nacionales e internacionales (ej. [Escalada Sostenible](#), [Federación Galega de Montañismo](#), [FEDME](#), [American Alpine Club](#), [Sociedad de Ciencias Aranzadi](#)), lo cual es esencial para el éxito a largo plazo de este estudio y para disminuir el actual conflicto existente entre escaladores y gestores. Por tanto, el estudio nos está permitiendo evaluar el estado de las poblaciones vegetales de los roquedos con frecuencia de escaladores y hemos sentado las bases para extender este proyecto y crear conocimiento para ayudar a la protección de estos espacios.

Además, se han realizado tareas de difusión en medios (*ver sección 2.5*) y de comunicación del proyecto a través de plataformas científicas (ResearchGate) y redes sociales (Facebook, Twitter, LinkedIn, Instagram), creando una cuenta propia del proyecto en Instagram llamada @theworldclimb, a través de la cual se han publicado imágenes, progresos y tareas que se han ido ejecutando en el proyecto (*Fig. 7*).



Figura 7. Logo del Proyecto WorldClimb

2.4. Conclusiones y valoración de la ejecución

La valoración de la ejecución del estudio realizado en Chile es muy positiva. El muestreo se desarrolló con éxito, alcanzando los objetivos planteados, implementando adecuadamente la metodología desarrollada, y obteniendo un destacado tamaño muestral. Además, las

colaboraciones con investigadores y asociaciones locales nos han permitido crear un punto de partida para muestreos futuros y las bases para establecer una red de ciencia ciudadana.

Por otro lado, este estudio me ha formado como gestor de proyectos y equipos, lo cual considero de gran valor para los próximos pasos de mi carrera científica. Destacar el equipo de trabajo que se ha formado en el proyecto, lo cual considero como uno de los mejores recuerdos que me llevo, ya que hemos sido un equipo coordinado, efectivo y que ha forjado una gran unión durante la ejecución del proyecto (*Fig. 8-10*). En conclusión, gracias a la ayuda de la AEET, me llevo una experiencia única, tanto científicamente, como cultural y personal, con la suerte además de conocer un país y unos paisajes únicos.



Figura 8. Foto del muestreo en Chile.



Figura 9. Foto del muestreo y de los alrededores de El Pangal (izq.) y de Lo Curro (dcha.).



Figura 10. Fotos del equipo de trabajo durante el estudio.

2.5. Publicaciones resultantes

Este trabajo está en proceso de ejecución de análisis estadístico y análisis de las imágenes recopiladas, y la posterior interpretación y discusión de los resultados. Este paso previo es necesario para la publicación de este estudio en revistas JCR del campo de Ecología y Conservación de la Biodiversidad. Sin embargo, se han llevado a cabo actividades de diseminación y comunicación en diversos medios, evidenciando el potencial impacto e interés social del estudio: [“ABC”](#), [“Europa Press”](#), [“La Vanguardia”](#), [“Granada Digital”](#), [“Ideal”](#), [“Naturalmente”](#), [“Bolsamanía”](#), [“Ecodiario”](#). En estas publicaciones se mencionó a la AEET como entidad financiadora del estudio (ver links vinculados).

3. Informe de gastos del proyecto. Relación de partidas de gastos y sus importes. Se deberán aportar justificantes originales de los pagos realizados (tickets, recibos o facturas).

CONCEPTO	CONCEPTO ESPECÍFICO	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	PRECIO SUBTOTAL	PRECIO TOTAL
Vuelos					
	Sudáfrica-Chile	360,00 €	2	720,00 €	
	Madrid-Chile	414,00 €	1	414,00 €	
	Chile-Madrid	472,18 €	1	472,18 €	
	Chile-Australia	587,00 €	2	1.174,00 €	2.780,18 €
Seguros					
	Seguro Accidentes 1	95,00 €	1	95,00 €	
	Seguro Accidentes 2	71,00 €	1	77,55 €	172,55 €
Dietas					
	Dietas (días)	18,70 €	31	579,70 €	579,70 €
Vehículo y desplazamientos					
	Alquiler coche			242,18 €	
	Peajes			102,00 €	
	Gasolina			64,00 €	408,18 €
Alojamiento					
	Alojamiento			349,67 €	349,67 €
Material escalada					
	Columpio de muestreo	95,28 €	1	95,28 €	95,28 €
Otros materiales					
	Petate	23,10 €	1	23,10 €	
	Marcador cuerda	7,89 €	1	7,89 €	
	Material cuadrante	35,00 €	1	10,00 €	40,99 €
					4.426,55 €

Los gastos del proyecto han superado los 2.511,00 € planteados en la propuesta. Esto es debido a que: (i) se ha requerido de seguro de accidentes y material de escalada no disponible previamente; (ii) se ha incorporado a una persona más al muestreo (Dr Rocío del Rey) que se desplazaba desde Madrid; y (iii) el gasto de vuelos ha sido mayor. Los gastos en vuelos y el gasto de material y seguros se ha complementado con la financiación disponible de la ayuda otorgada por *National Geographic*, ya que ésta cubría el desplazamiento desde Sudáfrica y hacia Australia para dos personas (Indradatta DeCastro y Martí March Salas) y contaba con una partida económica para seguros (seguros de ámbito Mundial necesarios también en Sudáfrica y Australia) y material que también se utilizó para dichos muestreos. Se decidió hacer muestreos seguidos entre los países a muestrear en 'WorldClimb' (Sudáfrica-Chile-Australia), y así evitar los costes que suponían las escalas intermedias (véase Madrid como punto de origen de los participantes 'no locales' del muestreo).



Fdo:

en **MADRID**, a **25** de **ENERO** de 2020

Referencias

- Adams, M.D., & Zaniewski, K. 2012. Effects of recreational rock climbing and environmental variation on a sandstone cliff-face lichen community. *Botany* 90: 253–259.
- Clark, P., & 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 Assessment.
- Covy, N., Benedict, L., & Keeley, W. H. (2019). Rock climbing activity and physical habitat attributes impact avian community diversity in cliff environments. *PLoS one*, 14(1), e0209557.
- Elzinga C.L., Salzer D.W., Willoughby JW. 2015. *Measuring & monitoring plant populations*. Denver: U.S. Dept. of the Interior, Bureau of Land Management.
- Farris, M.A. 1995. The effects of rock climbing on the cliff flora of three Minnesota State Parks. *Minnesota (USA), Minnesota Department of Natural Resources*.
- Holzschuh, A. 2016. Does rock climbing threaten cliff biodiversity? A critical review. *Biological Conservation*, 204: 153–162.
- Kuntz, K.L., & Larson, D.W. 2005. *The relative influence of microhabitat constraints and rock climbing disturbance to vegetation on Ontario's Niagara Escarpment*. In 2005 PRFO Proceedings, pp. 295–308.
- Lorite, J., Serrano, F., Lorenzo, A., Cañadas, Ballesteros, M., & 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., & 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(2), 289-297.
- McMillan, M.A., & Larson, D.W. 2003. Effects of rock climbing on the land snail community of the Niagara Escarpment in southern Ontario, Canada. *Conservation Biology* 17: 616–621.
- Müller, S. 2006. Human impact on the vegetation of limestone cliffs in the Swiss Jura Mountains.
- Müller, S.W., Rusterholz, H.-P., & Baur, B. 2004. Rock climbing alters the vegetation of limestone cliffs in the northern Swiss Jura Mountains. *Applied Vegetation Science* 7: 35–40.
- Rusterholz, H.-P., Müller, S.W., & Baur, B. 2004. Effects of rock climbing on plant communities on exposed limestone cliffs in the Swiss Jura Mountains. *Applied Vegetation Science* 7: 35–40.