

## Convocatoria AEET-SIBECOL de ayudas a proyectos de investigación ERC en ecología (12ª ed., 2022)

### 1. Datos de identificación.

<b>Título de la propuesta</b>	Identifying global hotspots of plant diversity using molecular, trait and ethnobotanical data
<b>Categoría</b>	Ganando independencia
<b>Nombre y apellidos del Beneficiario</b>	Javier Galán Díaz
<b>Datos de contacto: e-mail y teléfono</b>	javiergalandiaz@gmail.com / (+34)610395795
<b>Departamento/Instituto/Grupo de Investigación/Otros</b>	Universidad Complutense de Madrid/Department of Pharmacology, Pharmacognosy and Botany
<b>Dirección, código postal, provincia</b>	Pl. de Ramón y Cajal, s/n, 28040 Madrid

### 2. Memoria Técnica. Actividades y resultados de investigación

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

En el contexto actual de rápido cambio global, es necesario desarrollar nuevas herramientas para evaluar la biodiversidad y los ecosistemas integrando índices que midan varias facetas de la diversidad (Griffith et al. 2022; Gumbs et al. 2023). Mi propuesta ha abordado este reto mediante la definición de un marco metodológico que utiliza datos de distribución e índices filogenéticos y funcionales para identificar puntos calientes de diversidad botánica, así como explorar los factores que explican los patrones de distribución de taxones a diferentes niveles de resolución.

Para llevar a cabo este proyecto, he utilizado el género de plantas *Scleria* como caso de estudio. Con 260 especies, *Scleria* es el sexto género más grande de la familia Cyperaceae (Bauters et al. 2016). En el tratamiento taxonómico regional más completo de *Scleria* realizado hasta la fecha, encontramos dos grandes lagunas en el conocimiento actual del género (Galán Díaz et al. 2019). Desconocemos: (i) los patrones de distribución global de los taxones infragenéricos de *Scleria* y (ii) los factores que explican su distribución y alta capacidad de dispersión. Nuestra propuesta ayuda a identificar regiones con un valor excepcional para la conservación del género y los factores que explican su diversidad.

#### 2.2. Descripción de la ejecución- Metodología

En primer lugar, he actualizado la base de datos de ocurrencias con observaciones del Global Biodiversity Information Facility, la Lista Roja de la UICN, identificaciones de grado de

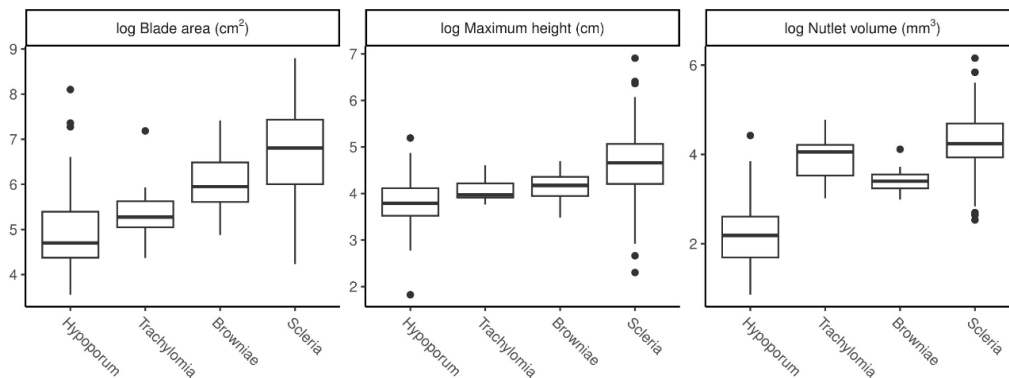
investigación de iNaturalist y registros de colecciones de los herbarios BR, K, GENT, L, MO, NY, P, US y WAG que se georreferenciamos utilizando Google Earth. Finalmente contamos con 22759 observaciones de 248 especies. Por otro lado, durante el mes de junio de 2023 revisamos 1255 especímenes de 259 especies de *Scleria* en el Real Jardín Botánico de Kew y el Museo de Historia Natural de Paris, recopilando información de sus rasgos funcionales: altura, anchura de hoja, longitud de hoja, anchura de tallo, anchura de fruto, longitud del fruto, tipo ornamentación, tipo de hipoginio y tipo de cúpula del fruto. Para ello utilizamos un calibre digital y una balanza portátil. y. También registramos su nombre común y usos tradicionales en la región de recolección. Para especies con más de 10 especímenes seleccionamos especímenes de regiones representativas de su área de distribución, y para especies con menos de 10 especímenes disponibles registramos los rasgos de todos ellos.

En cuanto al tratamiento y análisis de datos, a causa del cambio en la partida destinada a ‘análisis moleculares’ autorizada por la AEET el 24 de abril de 2023 debido a incidencias en los laboratorios del Real Jardín Botánico de Kew, recuperamos los resultados de un artículo anterior en el cual ya estimamos la edad de los clados, la tasa de diversificación y los episodios de colonización a larga distancia de taxones infragenéricos (Larridon et al. 2021). Como índices de riqueza filogenética y funcional utilizamos respectivamente la longitud total de las ramas del árbol filogenético y dendrograma funcional, y como índices de diversidad utilizamos la dispersión funcional y distancia promedio entre pares de observaciones (Mammola et al. 2021). Las variables ambientales que utilizamos para explorar su correlación con los índices de riqueza y diversidad fueron descargadas de WorldClim (Fick and Hijmans 2017), y la estructura espacial de patrones de diversidad la analizamos con modelos nulos (Gotelli 2000).

### 2.3. Resultados obtenidos (cumplimiento de objetivos)

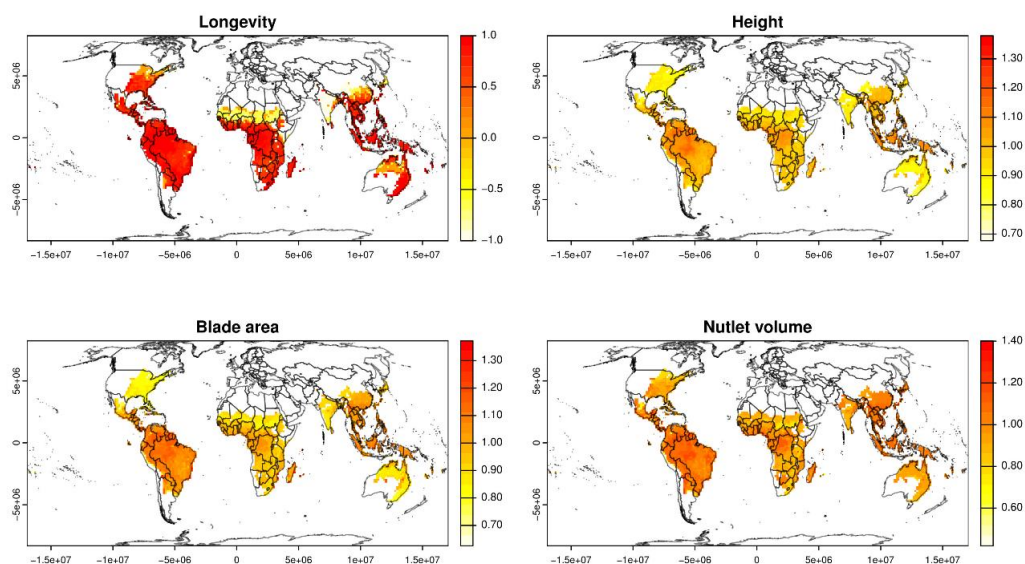
Respecto al objetivo general 1 (OG1), he solventado los problemas técnicos en el laboratorio molecular del Real Jardín Botánico de Kew (objetivo específico OE1.1) utilizando herramientas de expansión de filogenias las cuales permiten imputar árboles filogenéticos de forma informada utilizando tratamientos taxonómicos previos del grupo de estudio (Ramos-Gutiérrez et al. 2023). A partir de los rasgos medidos en herbario calculamos tres rasgos funcionales: altura, área de hoja y volumen del propágulo (OE1.2). Área de hoja y volumen del propágulo fueron estimados utilizando las fórmulas de la elipse y elipsoide respectivamente. En cuanto a OE1.3, hemos encontrado una clara segregación en los nichos funcionales de los taxones infragenéricos (subgéneros y secciones) de *Scleria* (Figura 1).

Figura 1. Diferencias funcionales entre los cuatro subgéneros de *Scleria*. Rasgos: área de la hoja, altura máxima y volumen de la nuez. Los rasgos se transformaron logarítmicamente.



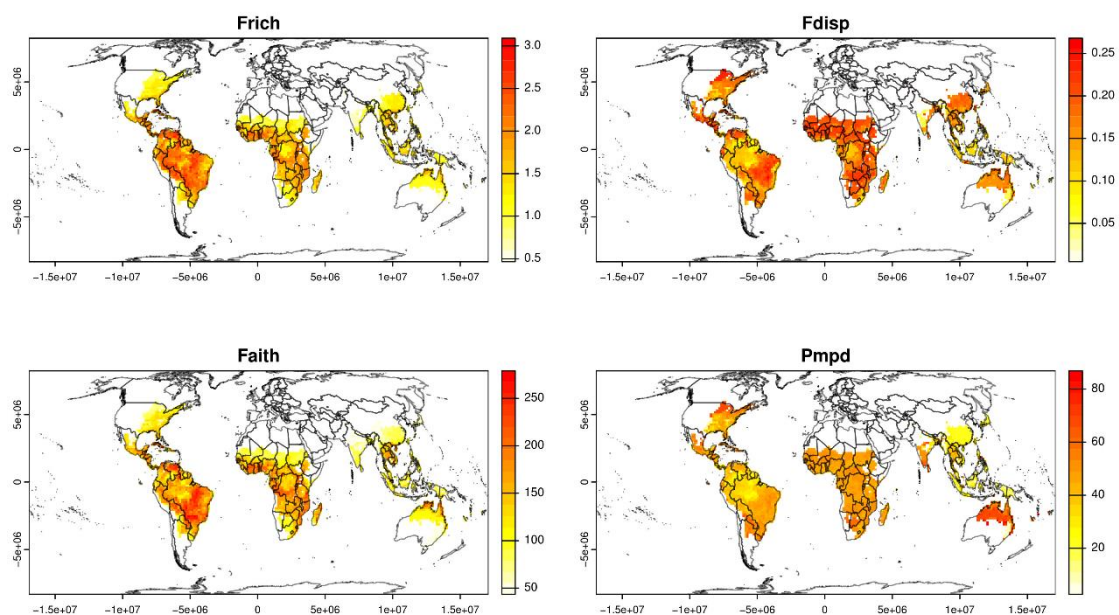
Estas diferencias funcionales, junto con las diferencias biogeográficas observadas en la distribución de los diferentes subgéneros y secciones de *Scleria*, explican que la variación funcional de los ensamblajes de *Scleria* (especies presentes en cada celda de 150×150 km) a escala global se correlacione significativamente con variables climáticas y la latitud (Figura 2). En general, la altura, el área de las hojas, el volumen de los frutos secos y la proporción de especies perennes disminuyeron con el aumento del rango anual de temperatura, la estacionalidad de las precipitaciones y la distancia al ecuador; y aumentaron con el aumento de la temperatura media anual, las precipitaciones anuales, las precipitaciones del trimestre más cálido y las precipitaciones del mes más húmedo.

Figura 2. Variación funcional (medias no ponderadas de los rasgos) de *Scleria* a escala global. Los valores de longevidad van de 1 (100% de las especies perennes) a -1 (100% de las especies anuales). El área de la celda es de 150×150 km.



Si nos fijamos en los índices filogenéticos y funcionales de los ensamblajes, Sudamérica y África muestran la mayor riqueza funcional (Frich) y filogenética (Faith) (Figura 3). La diversidad funcional (Fdisp) alcanza su máximo en África, mientras que la diversidad filogenética (Pmpd) es mayor en el norte de Australia. La riqueza taxonómica y los cuatro índices funcionales y filogenéticos considerados se correlacionaron con diversas variables ambientales y con la latitud. Por un lado, la riqueza taxonómica, funcional y filogenética aumentó con la precipitación anual y la precipitación del mes más húmedo, y disminuyó a latitudes más altas al aumentar la estacionalidad de la temperatura. Por otro lado, Fdisp y Pmpd disminuyeron con el aumento de la precipitación anual, la precipitación del trimestre más cálido y la precipitación del mes más húmedo, y aumentaron con el aumento de la estacionalidad de la precipitación.

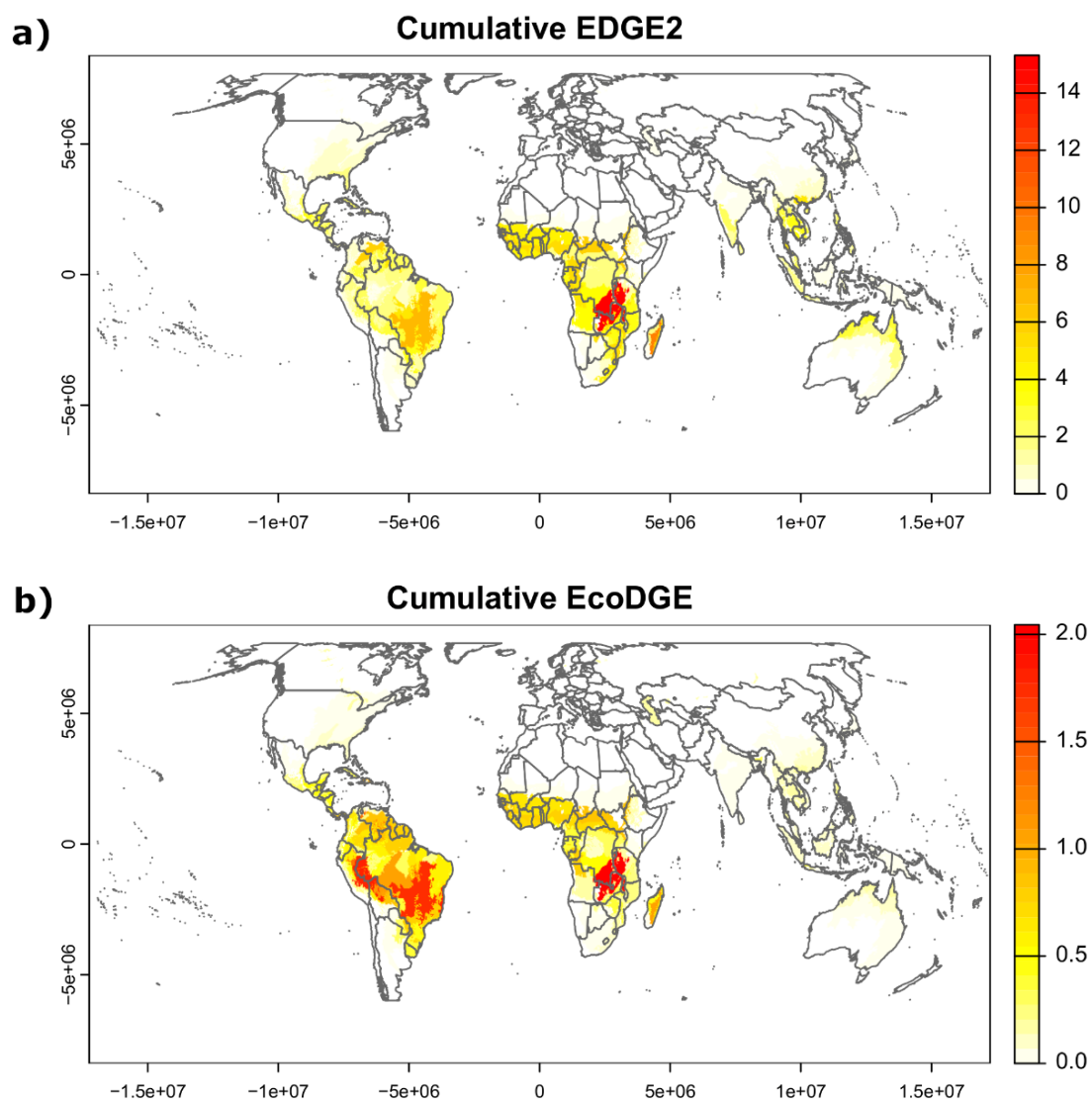
Figura 3. Índices funcionales y filogenéticos de los ensamblajes. El área de la celda es de 150×150 km.



En cuanto al objetivo general 2 (OG2), hemos adoptado el marco EDGE2 (Evolutionarily Distinct and Globally Endangered) y EcoDGE (Ecologically Distinct and Globally Endangered) para evaluar identificar especies en riesgo de extinción raras funcional y filogenéticamente (OE2.1). Este marco metodológico permite identificar las especies más amenazadas teniendo en cuenta la antigüedad y tasa de diversificación de los diferentes clados, así como su riqueza y particulares ecológicas. Nuestros resultados proporcionan la primera evaluación global de especies y regiones del mundo de notable interés para la conservación de *Scleria*. Demostramos que los recientes avances metodológicos en la identificación de especies en

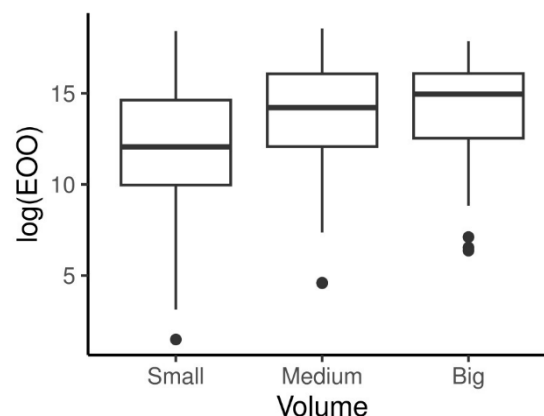
riesgo de extinción en combinación con datos de herbario permiten la aplicación de los marcos EDGE2 y EcoDGE en grupos de plantas con taxonomías bien resueltas. Descubrimos que la mitad de las especies de *Scleria* aún no incluidas en la Lista Roja de la UICN (38 de 78) están potencialmente en peligro de extinción, y que el 21,5% de las especies del género están restringidas a ecorregiones donde el porcentaje de hábitat natural es inferior al 50%. Las métricas de distintividad filogenética y funcional de *Scleria* no están correlacionadas por lo que la aproximación filogenética y funcional ofrecen visiones complementarias. Los índices EDGE2 y EcoDGE apuntan hacia las regiones tropicales de África y Sudamérica, respectivamente, como reservorios de especies amenazadas únicas filogenética y ecológicamente.

Figura 4. Ecorregiones de notable interés para la conservación de *Scleria* según su suma de puntuaciones EDGE2 (a) y suma de puntuaciones EcoDGE (b).



En cuanto al OE2.2, hemos encontrado que especies con frutos medianos y grandes tienen mayores áreas de distribución (extensión de ocurrencia o EOO) que especies con frutos pequeños (Figura 5). Esto sugiere que el tamaño del propágulo es importante para entender la distribución de un género pantropical como *Scleria*, con una gran facilidad para la dispersión a gran distancia (Larridon et al. 2021). Aunque no podemos identificar los mecanismos específicos, este resultado da pie a realizar experimentos de flotabilidad y simulación de ingesta y posterior germinación para determinar la importancia de la endozoocoria e hidrocoria en *Scleria*, los cuales se presuponen importantes en este género en función de observaciones previas (Galán Díaz 2017).

Figura 5. Relación entre el tamaño del propágulo (nuez) y la extensión de ocurrencia (EOO). EOO es el área del polígono convexo mínimo que abarca todas las localidades conocidas de una especie.



#### 2.4. Conclusiones y valoración de la ejecución

Gracias al proyecto 'Identifying global hotspots of plant diversity using molecular, trait and ethnobotanical data' financiado por la AEET y SIBECOL hemos podido profundizar en los patrones macroecológicos y estado de conservación de un género de plantas muy poco estudiado hasta la fecha. Gracias a los análisis que hemos propuesto ahora conocemos con precisión la localización de los centros de diversidad evolutiva y funcional del género, y cómo varía la estructura de estos ensamblajes a lo largo de su zona de distribución. Además, hemos realizado valoraciones del riesgo de extinción de todas las especies del género, la mayoría de las cuales esperamos publicar en la Lista Roja de la UICN para que *Scleria* alcance el grado de 'grupo exhaustivamente evaluado'. Gracias a esta evaluación preliminar del riesgo de extinción y a la aplicación del marco EDGE2, conocemos que especies merecen ser seguidas con mayor



detenimiento debido a su elevado riesgo de extinción y peculiaridades evolutivas y funcionales. Estos resultados mejoran indudablemente nuestro conocimiento de este género de plantas, poniendo en valor la importancia del material de herbario para la evaluación del estado de conservación de especies vegetales, así como la importancia de regiones tropicales altamente amenazadas por el cambio global como reservorios de diversidad vegetal.

### 2.5. Publicaciones resultantes

Dos publicaciones han resultado de este proyecto, las cuales están cerca de ser mandadas a revista.

- (1) Identifying conservation priorities of *Scleria* (Cyperaceae). Galán Díaz J, Bachman SP, Forest F & Larridon I.
- (2) Spatial structure of the taxonomic, functional and phylogenetic diversity facets of *Scleria* (Cyperaceae) at the global scale. Galán Díaz J, Escudero M, de la Riva EG, Spalink D & Larridon I.

**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).

Respecto al presupuesto original hay dos cambios. El primero en relación con la eliminación de la partida destinada a ‘análisis moleculares’ debido a incidencias en los laboratorios del Real Jardín Botánico de Kew, y que finalmente fue destinada a la realización de una segunda estancia en el Museo de Historia Natural de Paris. Este cambio fue autorizado por el Comité Evaluador el 24 de abril de 2023 (‘Aprobación Solicitud cambio en partida ppto\_Javier Galán Díaz\_ Mod. 2\_PIS 2022’). El segundo en relación a la adquisición de una balanza portátil que utilicé para pesar frutos tanto en el Real Jardín Botánico de Kew como en el Museo de Historia Natural de Paris, ya que no contaba con una balanza garantizada para mi uso personal en estos sitios.

concepto	Coste (€)
Vuelo Madrid - Londres 1	75.68
Vuelo Madrid - Londres 2	125.17
Vuelo Londres - París	127.32
Vuelo París - Madrid	128.43
Vuelo París - Madrid (maleta)	28.00
Airbnb Londres	1055.76
Airbnb París	614.21
Calibre	143.10
Balanza portátil	21.20
Tren 1	24.98
Tren 2	25.54
<b>Total</b>	<b>2369.39</b>

#### 4. Referencias.

- Bauters K, Asselman P, Simpson DA, et al (2016) Phylogenetics, ancestral state reconstruction, and a new infrageneric classification of *Scleria* (Cyperaceae) based on three DNA markers. *Taxon* 65:444–466. <https://doi.org/10.12705/653.2>
- Fick SE, Hijmans RJ (2017) WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *Int J Climatol* 37:4302–4315. <https://doi.org/10.1002/joc.5086>
- Galán Díaz J (2017) *Scleria* diversity in Madagascar: evolutionary links to mainland Africa. Royal Botanic Gardens, Kew
- Galán Díaz J, Bauters K, Rabarivola L, et al (2019) A revision of *scleria* (Cyperaceae) in Madagascar. *Blumea J Plant Taxon Plant Geogr* 64:195–213. <https://doi.org/10.3767/blumea.2019.64.03.01>
- Gotelli NJ (2000) Null Model Analysis of Species Co-Occurrence Patterns. *Ecology* 81:2606–2621
- Griffith P, Lang JW, Turvey ST, Gumbs R (2022) Using functional traits to identify conservation priorities for the world’s crocodylians. *Funct Ecol* 1–13. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.14140>
- Gumbs R, Gray CL, Böhm M, et al (2023) The EDGE2 protocol: Advancing the prioritisation of Evolutionarily Distinct and Globally Endangered species for practical conservation action. *PLoS Biol* 21:1–22. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3001991>
- Larridon I, Galán Díaz J, Bauters K, Escudero M (2021) What drives diversification in a pantropical plant lineage with extraordinary capacity for long-distance dispersal and colonization? *J Biogeogr* 48:64–77. <https://doi.org/10.1111/jbi.13982>



Mammola S, Carmona CP, Guillerme T, Cardoso P (2021) Concepts and applications in functional diversity. *Funct Ecol* 35:1869–1885. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13882>

Ramos-Gutiérrez I, Lima H, Vilela B, Molina-Venegas R (2023) A generalized framework to expand incomplete phylogenies using non-molecular phylogenetic information. *Glob Ecol Biogeogr* 1–10. <https://doi.org/10.1111/geb.13733>

Fdo: Javier Galán Díaz

en Madrid, a 18 de Enero de 2024