

Cómo citar este artículo:

Manuel Jesús Gil López y otros. "No sin mi suelo: areniscas del aljibe y endemismo botánico en la 'Herriza' o brezal mediterráneo". *Almoraima. Revista de Estudios Campogibraltareses*, 47, septiembre 2017. Algeciras. Instituto de Estudios Campogibraltareses, pp. 107-115.

Recibido: enero de 2014

Aceptado: febrero de 2014

NO SIN MI SUELO: ARENISCAS DEL ALJIBE Y ENDEMISMO BOTÁNICO EN LA 'HERRIZA' O BREZAL MEDITERRÁNEO

Manuel Jesús Gil-López / Departamento de Biología, Universidad de Cádiz, Campus Río San Pedro, Puerto Real.

José Gabriel Segarra-Moragues / Centro de Investigaciones sobre Desertificación (CIDE, CSIC-UV-GV).

Fernando Ojeda Copete / Departamento de Biología, Universidad de Cádiz, Campus Río San Pedro, Puerto Real.

RESUMEN

El brezal mediterráneo o 'herriza' es una de las comunidades vegetales características de la región del estrecho de Gibraltar. Estos brezales se desarrollan en cumbres y crestas sobre litosuelos derivados de areniscas silíceas oligo-miocénicas o "areniscas del Aljibe". Estos suelos se caracterizan, además de por su elevada acidez y escasa fertilidad, por una elevada concentración de aluminio soluble, tóxico para las plantas. Los suelos de areniscas están rodeados de sustratos básicos, margosos y/o arcillosos, menos ácidos y más fértiles, de modo que pueden ser considerados como auténticas islas edáficas. La herriza destaca en la región del Estrecho por su diversidad de especies y, sobre todo, por la abundancia de especies endémicas. Esas especies endémicas están estrechamente asociadas a los suelos de areniscas, es decir, son especialistas edáficas. En este estudio se ilustra dicha asociación areniscas-endemismo botánico. Para ello, se ha registrado la presencia y abundancia relativa de especies leñosas en muestras locales de herriza y se ha cuantificado, para cada muestra, la proporción ocupada por suelos de areniscas del Aljibe en un área circular de 10 km de radio. Se ha encontrado una relación lineal positiva entre la abundancia de especies especialistas y la proporción de área del círculo ocupada por areniscas. Estos resultados resaltan la vulnerabilidad de las especies especialistas de la herriza, la mayoría endémicas, en parches pequeños y aislados de areniscas, más frecuentes en el lado africano del estrecho de Gibraltar.

Palabras claves: especialistas, generalistas, fragmentación, islas edáficas.

ABSTRACT

Mediterranean heathlands or *Herrizas* are one of the most characteristic plant communities within the Strait of Gibraltar. These heathlands are found in mountain summits and ridges on rocky, scarce soils derived from Oligo-Miocene sandstones, known as “Aljibe sandstones”. Besides their low pH and fertility, these soils are characterized by a high soluble aluminum content, a toxic element for plants. These sandstone soils can be considered as truly edaphic islands since they are embedded in a matrix of limestone or marl derived soils characterized by higher pH and fertility. The high diversity and abundance of plant endemics make this habitat outstanding within this geographic region. These endemic species are tightly associated to sandstones soils, as they are edaphic specialists. The main aim of this study is to illustrate the sandstone-plant endemism association within the Strait of Gibraltar region. For this purpose, the presence and abundance of woody plant species in the herrizas were sampled. In addition, the surface covered by sandstone soils in a 10 Km radius circle around every sampled plot (buffer area) was measured. Our results showed a positive correlation between the abundance of soil specialists, most of them endemics, and the proportion of sandstones within the 10 Km buffer. These results highlight the higher vulnerability of the soil specialists in patchy, isolated sandstone areas, more frequent in the African side of the Strait of Gibraltar.

Key words: specialists, generalists, fragmentation, edaphic islands.

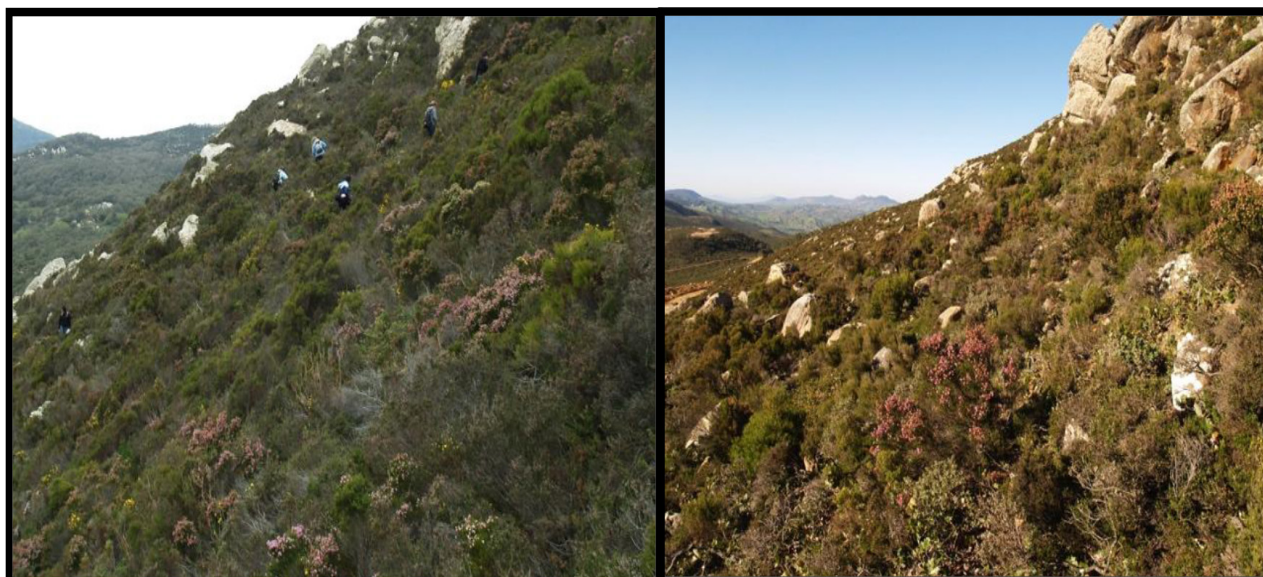
1. INTRODUCCIÓN

La flora de la región del estrecho de Gibraltar sobresale por su diversidad y singularidad, determinadas por las características ambientales y la particular historia geológica de esta región (Rodríguez-Sánchez *et al.* 2008). Uno de los hábitats más representativos es el brezal mediterráneo o herriza (Ojeda 2011). Las herrizas son comunidades arbustivas densas y de bajo porte que crecen en crestas y cumbres sobre suelos derivados de areniscas oligo-miocénicas o “areniscas del Aljibe”. Se trata de suelos escasos o litosuelos de textura arenosa o franco-arenosa, muy ácidos y pobres en nutrientes, con una alta concentración en aluminio soluble (Ojeda 1995), un metal tóxico para las plantas. Estos suelos están rodeados de sustratos básicos, margosos y/o arcillosos, menos ácidos y más fértiles, de modo que pueden ser considerados como auténticas islas edáficas. Tanto la elevada acidez como la toxicidad y escasa fertilidad de los suelos de areniscas determinan que la mayoría de las especies que crecen en ellos muestren rasgos de adaptación a dichas condiciones adversas o limitantes. Entre estos rasgos están la asociación con bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico en leguminosas (e.g. *Stauracanthus boivinii*, *Genista* spp.), la asociación con hongos micorrízicos especializados en la búsqueda y captura de nitrógeno y fósforo en suelos pobres, propia de los brezos (e.g. *Calluna vulgaris*, *Erica* spp.) o la espectacular adaptación a la carnivoría de la especie insectívora *Drosophyllum lusitanicum*.

El grado de adaptación a los suelos pobres y ácidos de areniscas es tan elevado en muchas de las especies de la herriza que éstas sólo se desarrollan sobre ese tipo de suelos, no tolerando sustratos circundantes menos ácidos o básicos y con niveles de fertilidad más elevados. En un contexto ecológico estas especies se denominan ‘especialistas’, en contraposición a especies ‘generalistas’ (Rey Benayas 2009) las que toleran la pobreza y acidez de los suelos de areniscas. La adaptación morfológica y/o fisiológica conlleva en muchos casos diferenciación taxonómica y, finalmente, especiación (Coyne & Orr 2004), lo que probablemente explique el elevado nivel de endemismo de la flora de la herriza (Ojeda 2011), dominado por especies especialistas de los litosuelos ácidos y pobres de areniscas (endemismo edáfico; Ojeda *et al.* 2001).

La flora y el paisaje vegetal de las dos penínsulas que conforman la región del estrecho de Gibraltar muestran una similitud muy elevada (Valdés 1991; Galán de Mera *et al.* 2003). Esta similitud florística y paisajística es especialmente patente en la herriza (Ojeda 2011; Figura 1). Sin embargo, los valores de riqueza y abundancia relativa de especies endémicas en comunidades de herriza del lado africano del Estrecho (de aquí en adelante, Tánger) son marcadamente inferiores a los de herrizas del lado europeo (de aquí en adelante, Algeciras) (Ojeda 2011). Esta menor diversidad del elemento endémico a escala local (comunidades) parece estar determinada por la extensión y disposición espacial de las areniscas, más fragmentadas y aisladas en Tánger (Ojeda 2011). Ello podría causar aislamiento en poblaciones de especies especialistas de areniscas, la mayoría de ellas endémicas, haciéndolas vulnerables a procesos de extinción local en comunidades aisladas.

Figura 1. Izquierda: herriza en la cabecera del arroyo de La Corza (Algeciras). Derecha: herriza en El Fendek (Tánger).



Este estudio se centra en el contingente de especies leñosas de la herriza para explorar la hipótesis de que el patrón natural de fragmentación y aislamiento espacial de las areniscas en la región del Estrecho explica la pérdida de especies especialistas a escala local en comunidades de herriza. Se probará también la aparente asociación entre especialización edáfica y endemismo muchas veces sugerida en la flora leñosa de la herriza (e.g. Ojeda *et al.* 2001; Rodríguez-Sánchez *et al.* 2008; Ojeda 2011). Teniendo en cuenta entonces que la gran mayoría de especies endémicas de la herriza son especialistas de areniscas y que el aislamiento de las areniscas es mucho más marcado en Tánger que en Algeciras (Ojeda 2011), este estudio contribuirá a explicar la pérdida de especies endémicas a escala local y la consecuente mayor vulnerabilidad de la biodiversidad de la herriza en Tánger. Esta vulnerabilidad natural de las comunidades de herriza debe ser tomada en cuenta en la gestión y conservación de un hábitat tan singular (aunque infravalorado hasta hace relativamente poco tiempo, Ojeda 2011) en el marco de la Reserva de la Biosfera Intercontinental del Mediterráneo (Molina & Villa 2008).

2. MÉTODOS

Área de estudio y muestreo de campo

Se han estudiado 26 muestras de herriza distribuidas por ambas penínsulas de la región del estrecho de Gibraltar, 13 en Algeciras y 13 en Tánger (Figura 2). En cada muestra se registró la presencia y abundancia relativa de las especies leñosas siguiendo el método de intercepción en un transecto lineal de 50 m (Kent y Coker, 1992). Además, se registraron con el valor mínimo de abundancia (0,2 %) las especies no interceptadas por el transecto pero que se encontraron a una distancia de hasta 10 m a cada lado de éste. Esto permitió obtener para cada muestra de herriza el valor de diversidad local de especies leñosas en 0,1 ha, escala estándar de diversidad local (o diversidad alfa) que hace posible su comparación con otras comunidades leñosas del planeta.

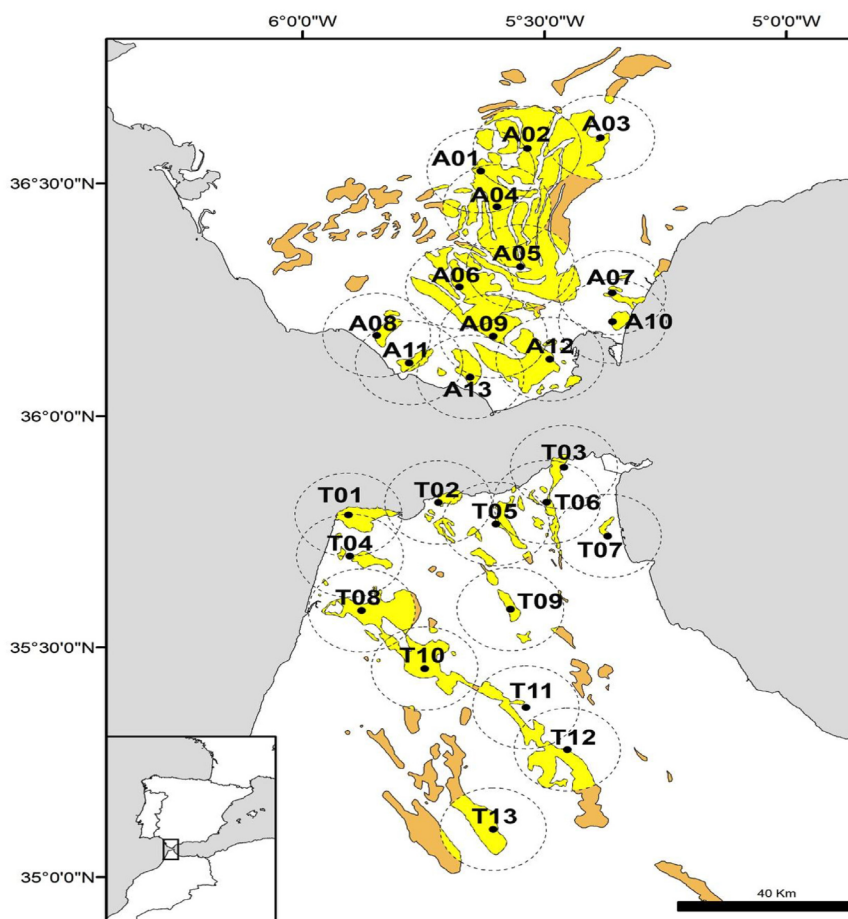


Figura 2. Localización de las herrizas muestreadas en ambos lados del estrecho de Gibraltar. Las manchas de color indican los parches de arenisca (a partir de CSIC-IARA (1989) para Algeciras y de *Carte Géologique du Maroc, echelle 1:1.000.000* (1985) para Tánger). Con línea punteada se representan los círculos con radio de 10 km que rodean las localidades muestreadas. Los suelos de areniscas coloreados de amarillo son los que se localizan dentro de uno de los círculos.

Las especies registradas en los transectos se clasificaron en dos grupos según sus requerimientos edáficos: especies especialistas de areniscas y especies generalistas. Las especialistas son aquellas que en la región sólo se encuentran sobre suelos ácidos y pobres derivados de areniscas. Las generalistas, en cambio, aparecen tanto en suelos de areniscas como en otros tipos de suelo. Se indicó, además, qué especies son endémicas, considerando como tales aquellas pertenecientes al elemento suroeste-ibérico-tingitano (Ojeda 1995), cuya distribución geográfica se restringe al cuadrante suroccidental de la península ibérica y/o al lado africano de la región del estrecho de Gibraltar. La información para estas dos clasificaciones se tomó a partir de la información existente en la tesis de Fernando Ojeda (1995), disponible en formato digital (<http://fondosdigitales.us.es/tesis/tesis/1146/ecologia-biogeografia-y-diversidad-de-los-brezales-del-estrecho-de-gibraltar-sur-de-espana-norte-de-marruecos/>), en la *Flora Vascular de Andalucía Occidental* (Valdés *et al.* 1987), en *Flora Ibérica* (Castroviejo 1986-2012) y en el *Catálogo Florístico del norte de Marruecos* (Valdés *et al.* 2002).

Para estimar el grado de aislamiento edáfico determinado por la disposición espacial de los sustratos de areniscas para cada muestra de herriza, se cuantificó la proporción ocupada por suelos de areniscas dentro de un área circular, de 10 km de radio alrededor de la muestra (Figura 2). Para ello se usaron las funciones de *Buffer* e *Intersect* como herramientas de *Geoprocessing* del software *ArcMap 10.0* (ESRI; Redlands, California). El grado de aislamiento edáfico se obtuvo entonces como 1 menos dicha proporción y osciló entre 0 (poco aislamiento) y 1 (mucho aislamiento).

Análisis de los datos

La relación entre el grado de aislamiento edáfico de cada muestra de herriza y la diversidad de especies se exploró mediante análisis de regresión lineal. Estos análisis se llevaron a cabo de forma separada para los subconjuntos de especies especialistas y generalistas y tanto para sus valores de número de especies como de abundancia relativa.

Se realizó además un análisis chi-cuadrado sobre tabla de contingencia para probar la asociación aparentemente existente entre especialización edáfica y endemismo en la flora leñosa de la herriza, hasta ahora sólo sugerida (Ojeda *et al.* 2001; Ojeda 2011).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se registraron un total de 45 especies de plantas leñosas en las 26 comunidades de herriza muestreadas, de las que 19 fueron clasificadas como especialistas de areniscas y 26 como generalistas edáficas (Apéndice 1). De las 45 especies, 42 se encontraron en al menos una de las muestras de herriza de Tánger, mientras que sólo 33 aparecieron en Algeciras (Apéndice 1). Esta diferencia está causada por la mayor presencia de especies generalistas en Tánger (25 especies) que en Algeciras (15 especies), probablemente como consecuencia de la mayor fragmentación y aislamiento de las areniscas en Tánger (Figura 2).

De las 19 especies especialistas, 16 se registraron en ambas penínsulas, mientras que sólo dos (*Polygala baetica* y *P. microphylla*) aparecieron exclusivamente en Algeciras y una (*Teucrium afrum* subsp. *afrum*) exclusivamente en Tánger. Así pues, la similitud de esta flora especialista de areniscas entre ambos lados del Estrecho es muy elevada, reflejo de su semejanza florística y paisajística (Valdés *et al.* 1991; Galán de Mera 2003). Sin embargo, a escala local, la presencia de especies especialistas de areniscas en las comunidades de herriza fue significativamente superior en Algeciras, tanto en número de especies (valor medio \pm desviación estándar: $11,9 \pm 1,2$ especies en Algeciras frente a $8,4 \pm 2,7$ especies en Tánger; test *t* Student, *p*-valor $< 0,001$) como, sobre todo, en abundancia relativa ($121,1 \pm 40,8$ % en Algeciras frente a $62,0 \pm 25,5$ % en Tánger; test *t* Student, *p*-valor $< 0,001$). Los análisis de regresión lineal muestran una correlación negativa significativa entre la presencia de especies especialistas de areniscas y el grado de aislamiento edáfico, tanto en número de especies ($r = -0,46$, *p*-valor $< 0,02$) como en abundancia relativa ($r = -0,75$, *p*-valor $< 0,0001$) (Figura 3A).

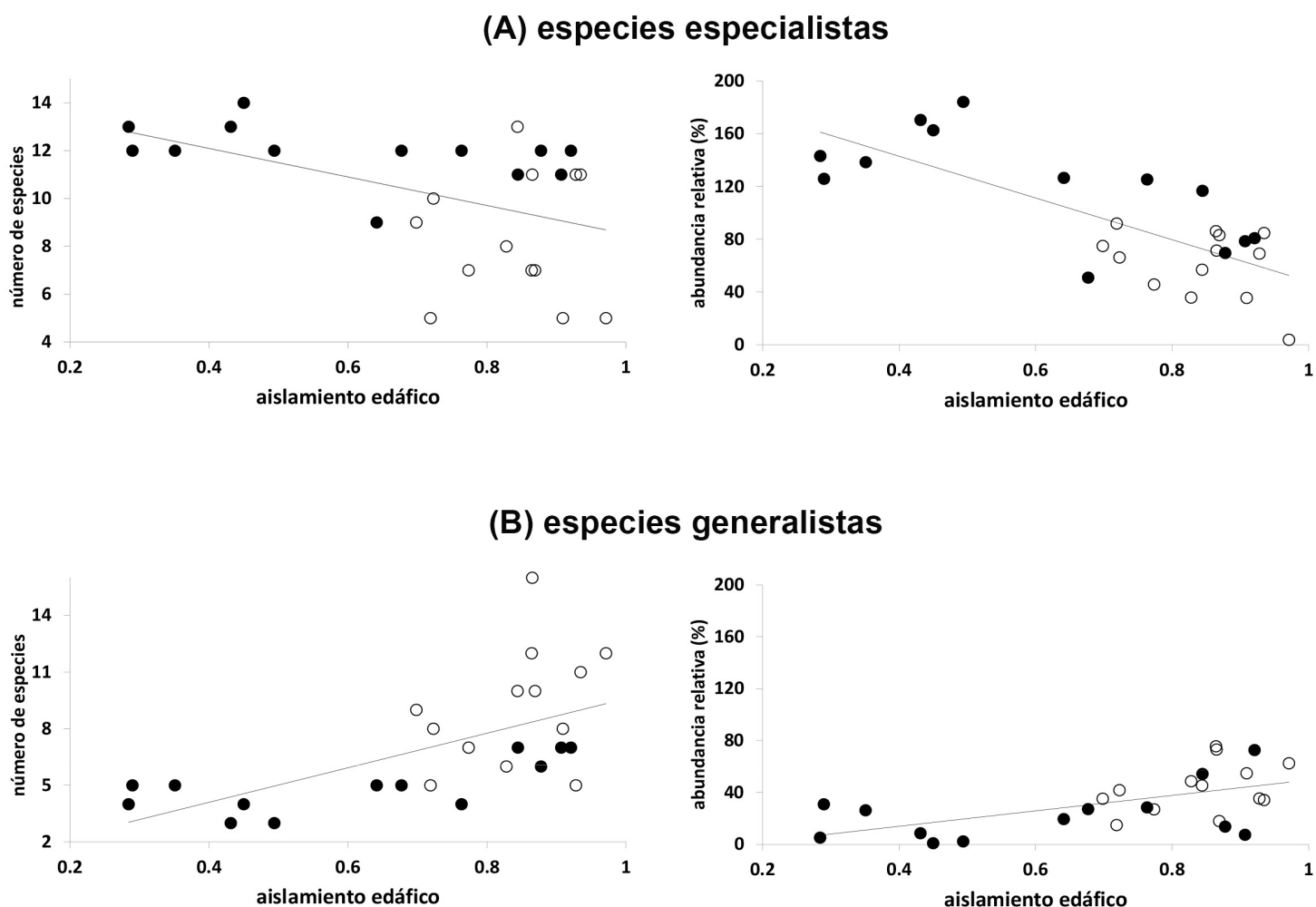


Figura 3. Correlaciones lineales entre el número (izquierda) y la abundancia relativa (derecha) de (A) especies especialistas y (B) especies generalistas y el grado de aislamiento edáfico de los parches de areniscas (véase Métodos) en las 26 comunidades de herriza muestreadas. Las muestras de herriza de Algeciras se indican con círculos negros y las de Tánger con círculos blancos.

El test chi-cuadrado sobre la tabla de contingencia elaborada a partir de la información sobre especialización edáfica y endemismo de las especies registradas en este estudio, prueba la existencia de una fuerte asociación entre especialización edáfica y endemismo en la flora leñosa de la herriza (Tabla 1), como ya se había sugerido (Ojeda *et al.* 2001; Ojeda 2011).

A escala local, la menor presencia de especies generalistas en herrizas de Algeciras, tanto en número de especies ($5,0 \pm 1,4$ especies en Algeciras frente a $9,2 \pm 3,2$ especies en Tánger; test *t* Student, *p*-valor $< 0,0001$) como en abundancia relativa ($22,8 \pm 21,1$ % en Algeciras frente a $43,5 \pm 19,1$ % en Tánger; test *t* Student, *p*-valor $< 0,02$) se debe probablemente a la mayor extensión de suelos de areniscas alrededor de la mayoría de las muestras estudiadas (Figura 2). De hecho, los análisis de regresión lineal mostraron una correlación positiva significativa entre la presencia de especies generalistas y el grado de aislamiento edáfico, tanto en número de especies ($r = 0,61$, *p*-valor $< 0,001$) como en abundancia relativa ($r = 0,56$, *p*-valor $< 0,01$) (Figura 3B). Esto se interpreta como que muestras de herriza sobre parches muy aislados tienen un mayor aporte de

especies provenientes de hábitats adyacentes con características edáficas diferentes que, aunque no encuentren en la herriza su óptimo ecológico, la mayor tasa de colonización explicaría su presencia (el conocido en ecología como “*mass effect*”; Shmida & Wilson 1985).

Los resultados presentados en este estudio ilustran la pérdida de especies especialistas asociada a la fragmentación y aislamiento espacial de los suelos de areniscas. La causa más probable de esta vulnerabilidad es el empobrecimiento genético de las poblaciones de especies especialistas debido a la disminución del tamaño poblacional (área de los fragmentos) y a la pérdida de flujo génico entre poblaciones (distancia entre los fragmentos) (Gil-López *et al.* 2014), lo que aumentaría el riesgo de extinción local de especies especialistas. El mayor aislamiento conlleva además una menor probabilidad de recolonización de una especie desde otro fragmento tras una extinción local (Collinge 2009).

Esta vulnerabilidad del contingente de especies especialistas, la mayoría de ellas endémicas (Tabla 1) es mayor en Tánger, donde los fragmentos de areniscas son, en general, más pequeños y aislados (Rodríguez-Sánchez *et al.* 2008; Figura 2), lo que debe sin duda ser tenido en consideración a la hora de gestionar y preservar la biodiversidad y singularidad botánica que atesora la herriza o brezal mediterráneo de la región del estrecho de Gibraltar. Esperamos contribuir a que este hábitat tan singular, aunque durante mucho tiempo ignorado o infravalorado (Ojeda 2002, 2011), tenga una mayor relevancia en el marco de la actual Reserva de la Biosfera Intercontinental del Mediterráneo (Molina & Villa 2008).

	ESPECIALISTA	GENERALISTA	TOTAL
END	14	0	14
NO END	5	26	31
TOTAL	19	26	45

Tabla 1. Tabla de contingencia indicando el número de especies especialistas de areniscas frente a especies generalistas y el número de especies endémicas (END) frente al de especies no endémicas (NO_END) registradas en las 26 comunidades de herriza muestreadas. El test chi-cuadrado indica una asociación estrecha y significativa ($\chi^2=27,8$, p -valor $\ll 0,0001$) entre especie especialista de areniscas y especie endémica.

Apéndice 1. Lista de especies leñosas registradas en los transectos de las 26 comunidades muestreadas de herriza, separadas según sus requerimientos edáficos (especialistas de areniscas y generalistas). Se indica además si la especie es endémica (END; véase Métodos) y si en los muestreos se registró en Algeciras y/o en Tánger.

Especies especialistas	Algeciras	Tánger	Especies generalistas	Algeciras	Tánger
<i>Argantoniella salzmanni</i> (END)	✓	✓	<i>Adenocarpus telonensis</i>	✓	-
<i>Bupleurum foliosum</i> (END)	✓	✓	<i>Arbutus unedo</i>	✓	✓
<i>Calluna vulgaris</i>	✓	✓	<i>Calicotome villosa</i>	✓	✓
<i>Cistus populifolius</i> subsp. <i>major</i> (END)	✓	✓	<i>Chamaerops humilis</i>	✓	✓
<i>Drosophyllum lusitanicum</i> (END)	✓	✓	<i>Cistus crispus</i>	✓	✓
<i>Erica australis</i>	✓	✓	<i>Cistus ladanifer</i>	✓	✓
<i>Erica umbellata</i>	✓	✓	<i>Cistus monspeliensis</i>	✓	✓
<i>Genista triacanthos</i> (END)	✓	✓	<i>Cistus salvifolius</i>	✓	✓
<i>Genista tridens</i> (END)	✓	✓	<i>Daphne gnidium</i>	✓	✓
<i>Glandora prostrata</i> (END)	✓	✓	<i>Ditrichia viscosa</i>	-	✓
<i>Halimium lasianthum</i> (END)	✓	✓	<i>Erica arborea</i>	-	✓
<i>Polygala baetica</i> (END)	✓	-	<i>Erica scoparia</i>	✓	✓
<i>Polygala microphylla</i>	✓	-	<i>Halimium halimifolium</i>	✓	✓
<i>Pterospartum tridentatum</i>	✓	✓	<i>Lavandula stoechas</i>	✓	✓
<i>Quercus lusitanica</i> (END)	✓	✓	<i>Myrtus communis</i>	-	✓
<i>Stauracanthus boivinii</i> (END)	✓	✓	<i>Olea europea</i>	-	✓
<i>Teucrium afrum</i> subsp. <i>afrum</i> (END)	-	✓	<i>Osyris alba</i>	-	✓
<i>Teucrium pseudoscorodonia</i> (END)	✓	✓	<i>Osyris lanceolata</i>	-	✓
<i>Thymelaea villosa</i> (END)	✓	✓	<i>Phillyrea angustifolia</i>	-	✓
			<i>Phillyrea latifolia</i>	-	✓
			<i>Pistacia lentiscus</i>	-	✓
			<i>Quercus coccifera</i>	-	✓
			<i>Quercus suber</i>	✓	✓
			<i>Teline monspessulana</i>	-	✓
			<i>Teucrium fruticans</i>	✓	✓
			<i>Viburnum tinus</i>	-	✓

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la ayuda en el trabajo de campo a María Paniw, Ana Payo, Miguel Collado y Quico Verdugo. Este estudio ha sido financiado por el proyecto BREZAL (CGL2011-28759/BOS, Ministerio de Ciencia e Innovación) y el proyecto P07-RNM-02869 (Junta de Andalucía, España). Durante la realización de este estudio M. J. G.-L. contó con una beca FPU del MINECO y J. G. S.-M. con un contrato del programa nacional 'Ramón y Cajal'-MINECO.

BIBLIOGRAFÍA

- Carte Géologique du Maroc, échelle 1:1.000.000*. 1985. *Royaume du Maroc, Ministère de L'Énergie et des Mines, Direction de la Géologie*.
- Castroviejo S. (coord. gen.). 1986-2012. *Flora iberica* 1-8, 10-15, 17-18, 21. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid.
- Collinge S. 2009. *Ecology of Fragmented Landscapes*. Johns Hopkins University Press, Maryland.
- Coyne J y Orr HA. 2004. *Speciation*. Sinauer, Sunderland.
- CSIC-IARA. 1989. *Mapa de Suelos de Andalucía*, escala 1:400.000, 1989, Consejo Superior de Investigaciones Científicas y Consejería de Agricultura de la Junta de Andalucía.
- ESRI. ArcGIS 10.0. *Desktop Help. Environmental Systems Research Institute (ESRI), Inc.* 2010.
- Galán de Mera A, Pérez Latorre A V y Vicente Orellana J A. 2003. Relaciones fitogeográficas entre el suroccidente de la península Ibérica y el noroeste de África. Una propuesta de sectorización. "*Lagascalia*", 23: 27-51.
- Gil-López M J, Segarra-Moragues J G y Ojeda F. 2014. "Population genetic structure of a sandstone specialist and a generalist heath species at two levels of sandstone patchiness across the Strait of Gibraltar". *Plos One*, 9, e98602.
- Kent M y Coker P. 1992. *Vegetation description and analysis: a practical approach*. Universidad de Michigan, 363 pp.
- Molina F y Villa Díaz A. 2008. La reserva de la biosfera intercontinental de Mediterráneo Andalucía (España)-Marruecos como instrumento de cooperación. *Ecosistemas*, 17(2): 17-27.
- Ojeda F. 2002. "La Herriza: la Cenicienta del Parque Natural". *Almoraima* 27: 145-148
- Ojeda F. 2011. "Singularidad botánica de la herriza o brezal Mediterráneo del estrecho de Gibraltar". *Migres*, 2: 17-23.
- Ojeda F, Simmons M T, Arroyo J, Marañón T y Cowling R M. 2001. "Biodiversity in South African fynbos and Mediterranean heathland". *Journal of Vegetation Science*, 12: 867-874.
- Rey Benayas J M. 2009. "La rareza de las especies". *Investigación y Ciencia*, 63-69.
- Rodríguez-Sánchez F, Pérez-Barrales R, Ojeda F, Vargas P y Arroyo J. 2008. "The Strait of Gibraltar as a melting pot for plant biodiversity". *Quaternary Science Reviews*, 27: 2100-2117.
- Shmida A y Wilson MV. 1985. "Biological determinants of species diversity". *Journal of Biogeography* 12: 1-20.
- Valdés B. 1991. "Andalucía and the Rif. Floristic links and a common Flora". *Botanika Chronika*. 10: 117-124.
- Valdés B, Rejdali M, Achhal El Kadmiri A, Jury J L y Montserrat J M. 2002. *Catalogue des plantes vasculaires du nord du Maroc, incluant des clés d'identification*. Vols. I y II. CSIC, Madrid.
- Valdés B, Talavera S y Fernández-Galiano E (eds). 1987. *Flora Vasculare de Andalucía Occidental*. Ketres, Barcelona.