

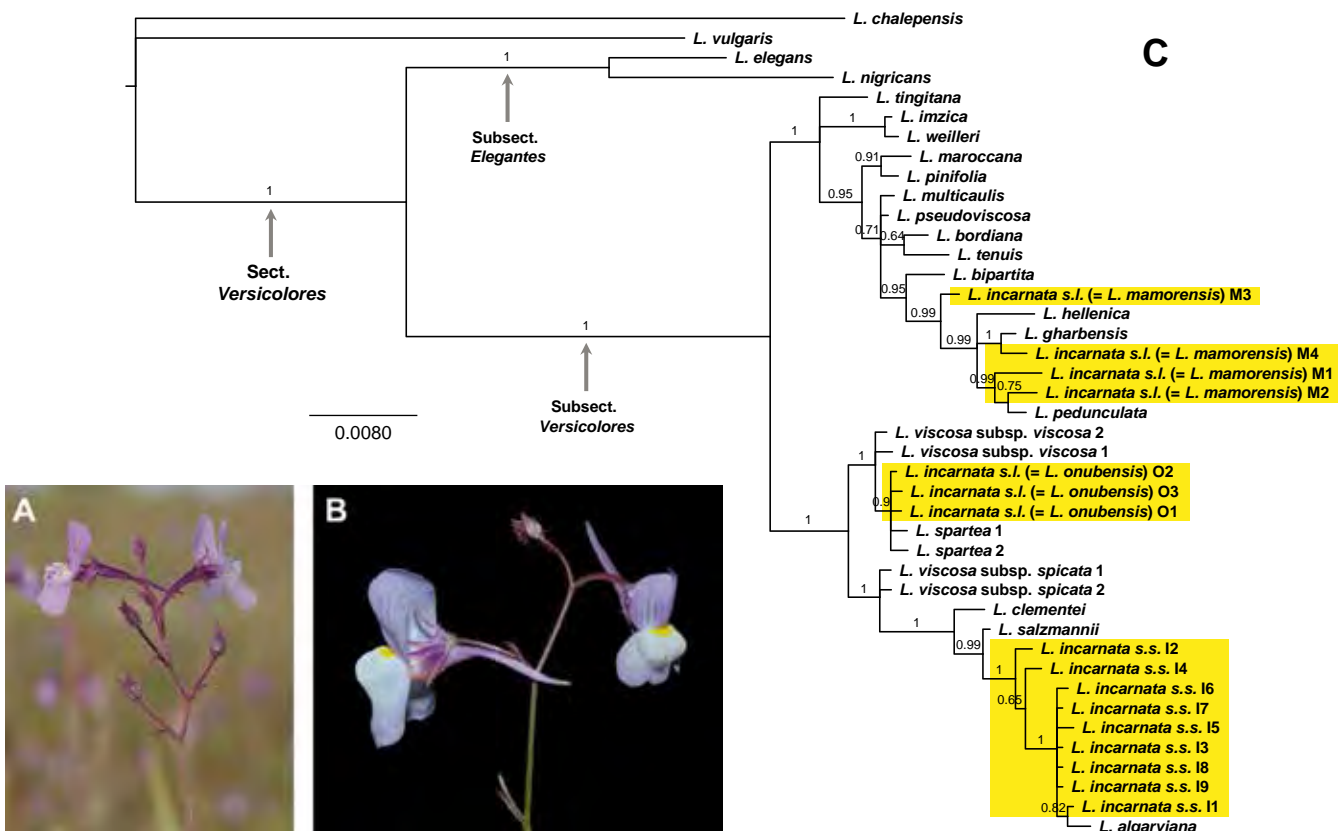
Conservación Genética

Taxonomía, genética y evolución al servicio de la conservación de plantas españolas

La Península Ibérica ofrece unas características muy adecuadas para evaluar la evolución de las especies y el estado de amenaza de sus poblaciones. A pesar de no poder contar con una flora reciente completa —ni siquiera una flora en realización con técnicas y métodos modernos—, *Flora Europaea*, floras locales y las monografías taxonómicas disponibles permiten calcular un total de unas 6.000-8.000 especies, de las que un tercio de ellas presentan distintos grados de amenaza. ¿Por qué hay una horquilla tan grande en el número de especies? Porque los tratamientos taxonómicos son terriblemente subjetivos. Por ello es necesario el uso en conservación de una taxonomía integrativa, disciplina holística que contempla el aprovechamiento de todo tipo de datos para la clasificación y aceptación de las distintas categorías taxonómicas. En este sentido son especialmente informativos los datos morfológicos, genéticos y evolutivos. A continuación mostramos las cuestiones científicas más relevantes y cómo consideramos que se deben afrontar en cada estudio.

Concepto de especie

El punto de partida de cualquier estudio en biología es la delimitación de especies, así como de cualquier otra categoría taxonómica. Sin embargo, hay grandes dificultades en aplicar un concepto único de especie a todos los seres vivos —ni siquiera a las plantas o a todas las angiospermas— debido a las características biológicas y evolutivas de cada grupo. Además, la delimitación de especies se hace más compleja aún cuando unos autores han empleado un concepto de especie y otros coetáneos otro, redundando en discrepancias como las que aquejan a los botánicos españoles (Vargas & Manrique 2008). La filogenia (disciplina en biología que estudia las relaciones de parentesco entre los distintos grupos de seres vivos) además nos ayuda enormemente a señalar qué especies están bien definidas desde el punto de vista evolutivo. Concretamente, la filogenia basada en secuencias de ADN de variación neutral nos proporciona una herramienta idónea para comprobar las hipótesis evolutivas planteadas por la taxonomía. Por ello, el



Las criptoformas han confundido a los taxónomos por su similitud aparente. (A) *Linaria incarnata*; (B) *Linaria onubensis*; (C) relaciones entre las especies del grupo de *Linaria incarnata* basadas en secuencias concatenadas de ADN plastidial y nuclear. Tomado de Vigalondo et al. (2015).



El género *Naufraga* ha confirmado ser paleoendémico y prioritario dentro del conservacionismo vegetal español (Foto: Juan Rita).



El género monotípico *Castrilanthemum* ha resultado ser un linaje muy antiguo, aislado desde hace alrededor de 15 millones de años (Foto: Alfredo Benavente)

reconocimiento de grupos evolutivos de poblaciones permite sacudirse, al menos en parte, las consideraciones subjetivas del uso de especies en conservación. Los grupos naturales o evolutivos, es decir aquellos de origen único que han compartido un antepasado común más reciente (monofiléticos), no solo permiten delimitar las especies y otras categorías taxonómicas, sino también detectar criptoespecies, es decir aquellas muy parecidas morfológicamente a otras y que han despistado a los taxónomos. Un buen ejemplo de esto lo proporciona la escisión del grupo de *Linaria incarnata* en cuatro microespecies sobre la base de resultados filogenéticos de los genomas nuclear y plastidial, de las cuales una está amenazada (*L. onubensis*) (Vigalondo *et al.*, 2015).

Solo por esto, cualquier reconstrucción filogenética basada en marcadores moleculares neutros se ha convertido en una herramienta imprescindible en conservación. Desgraciadamente, hay muchos ejemplos de potenciales especies de dudosa validez taxonómica que recibieron dinero europeo y español, mientras que otras plantas amenazadas bien definidas aún no cuentan con fondos para un estudio de conservación detallado. No en vano, 40 táxones que aparecieron en una primera lista roja de España (Barreno *et al.*, 1984) no fueron reconocidos posteriormente por errores taxonómicos (AA. VV., 2000; Domínguez *et al.*, 2007).

Radiaciones y clima mediterráneo

Las radiaciones evolutivas, i.e. formación de un elevado número de especies y linajes en un corto periodo, son frecuentes en España. Ello se debe a la presencia de clima mediterráneo en la Península Ibérica durante los últimos tres millones de años, lo que supuso una adaptación de las nuevas especies a una aguda sequía estival, precisamente cuando la radiación solar y las temperaturas alcanzan valores más altos. Nuestra flora cuenta con abundantes táxones de origen relativamente reciente, lo que conlleva numerosas especies del mismo género que se distinguen por pequeñas modificaciones morfológicas debido a un limitado aislamiento genético y reproductivo. Por ello la hibridación entre especies ibéricas es tan común. Se han documentado las radiaciones más importantes de angiospermas precisamente en la cuenca del Mediterráneo, como en el caso de los géneros *Centaurea*, *Narcissus* y *Dianthus*, entre otros (Valente *et al.*, 2010). Este

tipo de especies de pequeña diferenciación (microespecies) constituyen la mayoría de las que aparecen en los libros rojos (Bañares *et al.*, 2004; Moreno, 2008).

Paleoendemismos y linajes singulares

Se han catalogado numerosas especies (un tercio de la flora española) dentro de la flora amenazada de nuestro territorio (Bañares *et al.*, 2004). De entre ellas, se debe prestar atención a los endemismos, y especialmente a los paleoendemismos (táxones endémicos de un territorio que han estado aislados hace muchos millones de años), pues son las joyas de nuestro patrimonio natural. Su desaparición supondría una pérdida irreparable de ciertos linajes supervivientes de los avatares pretéritos. Entonces, ¿tienen alguna categoría particular las especies que son a la vez endémicas paleo o neoendémicas y amenazadas? La UICN no contempla esta situación. Es más, algunos de estos endemismos son muy antiguos paleoendemismos, que si están amenazados se consideran fósiles vivientes, por lo que debieran de tener una protección especial, pues con su desaparición no solo perdemos una joya única de nuestra flora sino también un linaje aislado desde tiempos geológicos.

¿Pero cómo se distingue un endemismo de especiación reciente frente a un paleoendemismo? La filogenia contesta nuevamente a esta cuestión evolutiva, especialmente cuando se combina con análisis filogenéticos que incluyen estimaciones de tiempos de divergencia. La flora española presenta numerosos endemismos geográficos (c. 25%) que se originaron cuando se estableció el clima mediterráneo, por lo que los paleoendemismos deben tener un origen temporal anterior. Procesos de extinción han hecho que los paleoendemismos tengan muy pocas poblaciones (fósiles vivientes). Muchas veces estos paleoendemismos en Peligro Crítico constituyen géneros endémicos con una sola especie de distribución reducida (2-5 poblaciones) y pocos individuos. En concreto, la flora ibérica cuenta con cinco géneros en esta situación (*Avellara*, *Castrilanthemum*, *Gyrocarium*, *Naufraga* y *Pseudomisopates*) proporcionaron robustos argumentos para formular una hipótesis explícita sobre su condición de paleoendemismos (Vargas, 2010). El principal resultado de recientes investigaciones es que tan solo uno de ellos (*Pseudomisopates*), no ha resultado ser

suficientemente antiguo para ser considerado paleoendemismo y con ello fósil viviente (Jiménez-Mejías *et al.*, 2010).

Diversidad genética

Una vez delimitada una especie y conocido su origen, su correcta conservación necesita del conocimiento detallado de sus poblaciones, y en concreto de su distribución, biología reproductiva, factores cambiantes de amenaza y nivel de diversidad genética. Uno de los axiomas de la genética de poblaciones considera que las poblaciones con mayor diversidad genética tienen más posibilidades de hacer frente a los cambios ambientales, tanto los de origen natural (e.g. cambio climático) como humano (e.g. sobrepastoreo). Una reducida diversidad genética está relacionada con un decaimiento de las poblaciones a largo y medio plazo, e incluso graves problemas en su reproducción y subsiguiente extinción. En España tenemos un caso desgraciadamente paradigmático de los efectos negativos en conservación de una planta debido a dicha falta de conocimiento previo de su diversidad genética (Calero *et al.*, 1999). Se gastaron millones de pesetas de las administraciones en la reintroducción de la *Lysimachia minoricensis* en Baleares (Menorca) cuando las plantas introducidas resultaron *a posteriori* prácticamente clónicas sin viabilidad reproductiva debida a su limitadísima diversidad genética (Rosselló & Mayol, 2002). Un ejemplo muy diferente lo ofrece la reciente reintroducción de *Avellara fistulosa* en Chiclana (Cádiz), donde se ha efectuado un estudio genético previo y un control de la supervivencia de genotipos tras la reintroducción (Martín-Bravo *et al.*, 2015).

Priorización sistemática

La UICN marcó unos criterios explícitos para valorar el estado de conservación de los táxones: (i) tamaño poblacional, (ii) limitada distribución geográfica y (iii) reducción del área y tamaños poblacionales (UICN, 2012). El análisis de las poblaciones de cada taxon permite cuantificar su estado de amenaza en cuatro categorías principales: vulnerable, en peligro, en

peligro crítico y extinto. Con este planteamiento, casi un tercio de la flora ibérica se encuadraría en alguna de dichas categorías. Por ello, un aspecto que no aparece explícitamente contemplado en las listas y libros rojos es la importancia científica (valor absoluto) de cada taxon a proteger, lo que permitiría una priorización y acometer los estudios más urgentes (Vargas, 2010). No es lo mismo proteger las poblaciones de un género endémico mallorquín (e.g. las cinco poblaciones de *Naufraga balearica*), que las escasas poblaciones de una especie (e.g. *Cypripedium calceolus*) de la vertiente española de los Pirineos, pero que está ampliamente distribuida por otros países. Tampoco es lo mismo priorizar esfuerzos en una variedad taxonómica con escaso valor científico que en una especie bien diferenciada, o incluso un género que sea único de España. En este sentido, contamos en la Península Ibérica y Baleares con los cinco géneros mencionados anteriormente, que han servido para proponer su singularidad evolutiva por ser cuatro de ellos paleoendemismos amenazados con poquísimas poblaciones.

Por todo esto consideramos que la clasificación evolutiva (sistemática), basada fundamentalmente en la taxonomía y la filogenia, es imprescindible para priorizar medios y recursos. Los países vanguardistas en conservación debieran emplear criterios de priorización, que son fundamentales para dar un valor absoluto a cada taxon amenazado.

Agradecimientos

Agradezco la lectura crítica y las mejoras aconsejadas por Virginia Valcárcel y Mario Fernández-Mazuecos. También quiero expresar agradecimiento a Pedro Jiménez y a los estudiantes de mi grupo de investigación, especialmente a los 12 doctorandos con los que he aprendido muchos aspectos de la conservación de especies.

PABLO VARGAS ■

Real Jardín Botánico de Madrid,
CSIC, Plaza de Murillo 2, 28014-Madrid.
E-mail: vargas@rjb.csic.es

Bibliografía

- AA. VV. (2000). Lista roja de flora vascular española (valoración según categorías UICN). *Conservación Vegetal* 6:11–38.
- Bañares, A., G. Blanca, J. Güemes, J.C. Moreno & S. Ortiz, eds. (2004). *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vascular Amenazada de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza y Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas. Madrid. 1072 pp.
- Barreno, E. *et al.* (1984) Listado de plantas endémicas, raras o amenazadas de España. *Información Ambiental* 3: 48-71.
- Calero, C., O. Ibáñez, M. Mayol & J.A. Rosselló (1999). Random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers detect a single phenotype in *Lysimachia minoricensis* J.J. Rodr. (Primulaceae), a wild extinct plant. *Molecular Ecology* 8: 2133-2136.
- Domínguez Lozano, F., J.C. Moreno Saiz, H. Sainz Ollero & M.W. Schwartz (2007). Effects of dynamic taxonomy on rare species and conservation listing: insights from the Iberian vascular flora. *Biodiversity and Conservation* 16: 4039-4050.
- Jiménez-Mejías, P., M. Fernández-Mazuecos, M.E. Amat & P. Vargas (2015). Narrow endemics in European mountains: high genetic diversity within the monospecific genus *Pseudomisopates* (Plantaginaceae) despite isolation since the late Pleistocene. *Journal of Biogeography* 42: 1455-1468.
- Martín-Bravo, S., P. Vargas, P. Jiménez-Mejías, M. Fernández-Mazuecos & M.L. Buide (2015). Reintroducción de *Avellara fistulosa* en la laguna de la Paja (Chiclana, Cádiz). *Conservación Vegetal* 19: 7-10.
- Moreno, J.C. (2008). *Lista Roja de la Flora Vascular Española 2008*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza y Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas. Madrid. 86 pp.
- Rosselló, J.A. & M. Mayol (2002). Seed germination and reproductive features of *Lysimachia minoricensis* (Primulaceae), a wild extinct plant. *Annals of Botany* 89: 559-562.
- UICN (2012). *Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1*. Segunda edición. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido: UICN. vi + 34pp.
- Valente, L.M., V. Savolainen & P. Vargas (2010). Unparalleled rates of species diversification in Europe. *Proceedings of the Royal Society of London*, series B. 277: 1489-1496.
- Vargas, P. (2010). Estudio de las plantas amenazadas en España: ¿hay fósiles vivientes aún desconocidos? *Lychnos* 3: 19-23.
- Vigalondo, B., M. Fernández-Mazuecos, P. Vargas & J. Sáez (2015). Unmasking cryptic species: morphometric and phylogenetic analyses of the Ibero-North African *Linaria incarnata* complex. *Botanical Journal of the Linnean Society* 177: 95-417.