



Girasol (*Helianthus annuus*), asterácea nativa del continente americano cuyo cultivo habría comenzado en México hace unos 4000 años.



Viviana D Barreda y Luis Palazzesi

Museo Argentino de Ciencias Naturales

Bernardino Rivadavia (MACN), Conicet

La evolución temprana de las asteráceas

El nombre que aparece en el título y que designa un grupo de plantas no resultará familiar a muchos lectores de CIENCIA HOY, los que sin embargo reconocerán a muchas de las especies que los botánicos clasifican en esa gran categoría, por ejemplo, el girasol, que es nativo del continente americano y pertenece al género *Helianthus*. El género incluye unas 70 especies silvestres, una de las cuales (*H. annuus*) fue domesticada en México hace más de 4000 años y podemos ver cultivada en las pampas argentinas, además de comprar en el supermercado el aceite comestible que se obtiene de sus semillas. Las asteráceas –también llamadas *compuestas*– son técnicamente una familia de *angiospermas* o plantas con flores, que también incluye especies ornamentales como las margaritas o los crisantemos, y comestibles como la lechuga, la ración de la lechuga o los alcauciles.

Las asteráceas forman uno de los grupos vegetales más diversos y ampliamente distribuidos en el mundo. Los taxónomos dividen la familia en 13 subfamilias, más de 1600 géneros y arriba de 23.500 especies, que están presentes en todos los continentes menos la Antártida y son especialmente abundantes en regiones tropicales y subtropicales. Si bien la mayoría de las asteráceas son hierbas, también hay entre ellas arbustos, como el quilembay (*Chuquiraga avellanedae*), propio de la estepa patagónica, hasta árboles de gran porte, como el palo santo (*Dasyphyllum diacanthoides*), endémico de los bosques patagónicos chilenos y argentinos, para solo citar algunas especies sudamericanas.

Numerosas asteráceas, entre ellas el girasol, tienen flores muy llamativas, que no son, en realidad, una flor individual sino un grupo o conjunto de ellas con la apariencia de una flor única. Por esta razón se habla téc-

¿DE QUÉ SE TRATA?

Dos recientes descubrimientos, uno realizado en las cercanías de Bariloche y otro en la Antártida, ayudan a comprender el origen evolutivo del girasol, entre otras plantas.

nicamente de inflorescencias más que de flores. Debido a su apariencia de ser una flor simple, las inflorescencias actúan como unidad de atracción de los polinizadores, una característica que los científicos consideran determinante del éxito evolutivo de la familia, pues son estructuras que permiten una muy eficiente polinización, ya que una abeja o un picaflor polinizan muchas flores con una sola visita.

Los estudios moleculares de ADN permitieron realizar un avance significativo en la clasificación de las asteráceas. Esos estudios demostraron que, con una excepción, los diferentes géneros tienen marcadas diferencias en la constitución del genoma de sus cloroplastos, los componentes de sus células responsables, entre otras cosas, de la fotosíntesis. La excepción son 94 especies (principalmente andinas) que pertenecen a nueve géneros sudamericanos agrupados en una subfamilia llamada *Barnadesioideae*. Entre los integrantes de esta no se advierten dichas diferencias, de donde se ha inferido que la

subfamilia forma el tronco que está en la base del árbol genealógico de la familia. O, en palabras más técnicas, las barnadesioideas serían el linaje más basal en el árbol filogenético de las asteráceas.

Siempre existieron grandes interrogantes acerca del momento y el lugar de origen de las asteráceas, en gran parte debido a su escasa presencia en el registro fósil. Las hipótesis más aceptadas postulaban que se habrían originado en algún lugar de Sudamérica en el período paleógeno de la era cenozoica, es decir, entre hace 66 y 23Ma. Uno de los argumentos en favor de tal hipótesis es, justamente, dicha ancestralidad genealógica de las barnadesioideas, que son sudamericanas. Pero hasta no hace mucho no se había encontrado evidencia fósil que confirmara la hipótesis.

En el verano de 2002 Rodolfo Corsolini, un paleontólogo aficionado de Bariloche, encontró a unos 60km de esa localidad, cerca del río Pichileufu, lo que le pareció una flor fósil en rocas de alrededor de hace 50Ma.

La depositó en el Museo del Lago Gutiérrez, una institución privada que él preside, en las cercanías de Bariloche. Casi seis años después, y por una fotografía que llegó a manos de uno de los autores de esta nota, iniciamos su estudio, que incluyó corroborar la procedencia del ejemplar y traerlo momentáneamente al MACN. Pudimos determinar que se trataba de una inflorescencia de la familia de las asteráceas y la llamamos *Raiquenrayun cura* (flor de piedra en tehuelche). También encontramos granos de polen asociados con ella (que asignamos a la especie *Mutisia-pollis telleriae*), y además muchos otros restos vegetales. Esto señala al yacimiento del río Pichileufu como uno de los más ricos del mundo en materia de paleofloras, con restos de una comunidad vegetal integrada por árboles, lianas, helechos y plantas acuáticas que habría prosperado en un clima cálido y húmedo.

Ni la nombrada inflorescencia ni el polen pueden asignarse de manera precisa a alguna especie actual de asteráceas,



Especies actuales de asteráceas. En el centro, una margarita común (*Bellis perennis*), debajo de ella un girasol (*Helianthus annuus*) y alrededor diversas variedades cultivadas de la margarita de Transvaal (*Gerbera jamesonii*), natural del sudeste africano.



Quilembay (*Chuquiraga avellaneda*), asterácea con porte arbustivo que vive hoy en la meseta patagónica.



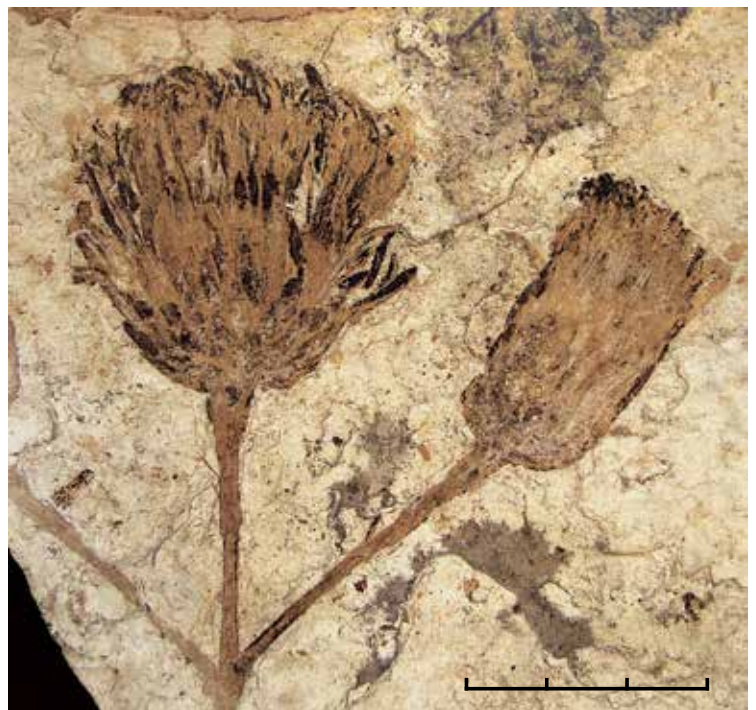
Ramas de palo santo (*Dasyphyllum diacanthoides*), asterácea con porte de árbol que vive hoy en los bosques andino-patagónicos chilenos y argentinos.

pero muestran un mosaico de caracteres morfológicos hoy presentes en algunos linajes de otras dos grandes subfamilias de ellas, llamadas *Mutisioideae* (mayormente restringida a Sudamérica) y *Carduoideae* (principalmente distribuida en África). En el pasado geológico, las masas terrestres que hoy llamamos Sudamérica y África formaron parte del supercontinente Gondwana, lo que permitió un importante intercambio de flora y fauna entre ambas, que en lo esencial se interrumpió con la apertura y el posterior ensanchamiento del océano Atlántico hace unos 90 millones de años.

En la actualidad la mayoría de las asteráceas son polinizadas por insectos, en especial abejas. Sin embargo, hay evidencias de polinización por pájaros en algunos linajes basales. Así, se ha constatado que los picaflores polinizan algunas barnadesioideas y mutisioideas, y que los pájaros sol (que viven entre África y Australasia) hacen lo propio con algunas carduoideas. Pero los rasgos más importantes de las flores usualmente asociados con la polinización por aves, como color, néctar y aromas, no se preservan en el registro fósil, por lo que no es posible establecer si *Raiquenrayun cura* fue polinizada por aves.

De cualquier forma, sus parientes actuales más cercanos son hoy polinizados por picaflores en Sudamérica y por pájaros sol en África, al tiempo que el mencionado fósil presenta corolas elongadas y grandes inflorescencias, rasgos apropiados para tal polinización, lo cual permite inferir que ella pudo haber acontecido en las inflorescencias fósiles de la Patagonia que estamos comentando.

Otro gran interrogante que el fósil podría ayudar a responder es la antigüedad de las asteráceas. Hay que considerar que el hallazgo del fósil más antiguo de un



Fósil de inflorescencia de la asterácea *Raiquenrayun cura*, proveniente de cerca del río Pichileufu, en Río Negro, de rocas formadas hace unos 50Ma, en el Eoceno. Sus parientes actuales pertenecen a las familias *Mutisioideae* y *Carduoideae*, que crecen respectivamente en el norte de Sudamérica y el sur de África. La barra que da la escala mide 3cm.

linaje usualmente no significa que este se haya originado en los tiempos del que datan las rocas en que se encontró el fósil. Con más probabilidad ello marcaría el comienzo de la expansión o radiación de dicho linaje, ya que el potencial de preservación de los fósiles es relativamente bajo, en especial el de inflorescencias como la comentada.



Paisaje patagónico de la zona en que se encontró la inflorescencia fósil de la asterácea *Raiguenrayun cura*, en el noroeste de la provincia de Río Negro. Foto Florencia Becchis

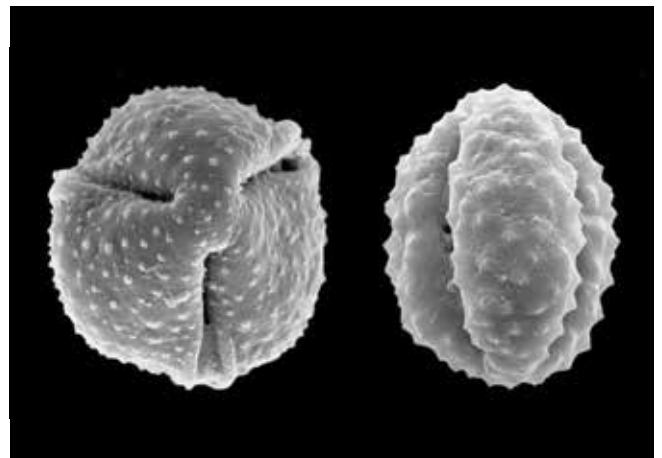
Por otro lado, los fósiles hallados (*Raiguenrayun cura* y *Mutisiapollis telleriae*) no muestran rasgos afines con el linaje más basal del árbol de la familia, el de las barnadesioideas. Esto lleva a suponer que la evolución temprana de las asteráceas debió haber ocurrido mucho antes del momento en que se formaron las rocas en las que se encontró el fósil, quizá en el Paleoceno o incluso en el Cretácico. No teníamos hasta hace poco evidencia empírica para ir más allá de esta afirmación, pero eso cambió con un hallazgo de granos de polen fosilizados en rocas del Cretácico tardío en las islas James Ross y Vega, en la Antártida, hecho por Eduardo B Olivero. Los granos fueron estudiados en laboratorio por un equipo de investigadores que incluyó a los autores de este artículo. Dicho hallazgo rectificó nuestra comprensión de la evolución temprana de las asteráceas.

El estudio morfológico detallado de esos granos fósiles de polen reveló que eran semejantes a los de plantas vivientes del género *Dasyphyllum*, integrante de la subfamilia de las barnadesioideas, que incluye unas cuarenta especies sudamericanas. Dicha evidencia permite postular que el ancestro de todas las asteráceas se habría originado en el Cretácico tardío, hace unos 86 millones de años, y vivido en la Antártida, llamativamente en el único continente donde hoy las asteráceas no pueden sobrevivir.

Las barnadesioideas son plantas adaptadas a resistir condiciones de estrés ambiental, una resistencia que probablemente haya tenido un cometido fundamental en la evolución temprana de las asteráceas. Hoy las plantas de dicha subfamilia se encuentran en regiones sudamericanas con condiciones climáticas extremas, como las de la estepa patagónica, en la que soplan vientos intensos, impera la sequía y se registran bajas temperaturas. Dado el parentesco del polen fósil con la mencionada subfamilia, podemos inferir que también el ancestro antártico de las asteráceas habría tolerado condiciones estresantes. Ese ancestro

habría ocupado una amplia área geográfica en Gondwana durante el Cretácico tardío y coexistido con los últimos dinosaurios.

Los linajes más recientes de la familia se habrían diferenciado del mencionado ancestro en tiempos próxi-



Granos de polen fósiles de asteráceas. El de la izquierda proviene de la Antártida y es de los más antiguos encontrados; corresponde a la especie *Tubulifloridites lilliei* y data de hace unos 80Ma, del Cretácico tardío. El de la derecha proviene de la Patagonia y data del Mioceno, de hace unos 19Ma. Las fotografías fueron tomadas por Fabián Tricárico con un microscopio electrónico de barrido del MACN. El tamaño de cada grano es aproximadamente 20 micrómetros (milésimas de milímetro).




Dasyphyllum reticulatum, una asterácea llamada *espinho de agulha* en el sur del Brasil, donde se la encuentra. Es la pariente viviente más cercana de las asteráceas fósiles halladas en la Antártida. Foto Mauricio Mercadante



Pájaro sol de doble collar (*Cinnyris chalybeus*). Los pájaros sol, que miden unos 12cm, viven en Sudáfrica y polinizan, entre otras, a plantas de la subfamilia *Carduoideae*, parientes cercanas de los fósiles hallados en el río Pichileufu.

mos a un pronunciado aumento de la temperatura ocurrido hace estimativamente entre 59 y 52Ma, cuando acaeció un gran incremento en la diversidad de las plantas con flores y de los insectos herbívoros. Los estudios permitieron demostrar que la mayor parte de la diversidad de las asteráceas es el resultado de una radiación que tuvo lugar varios millones de años después de su momento de origen.

El registro fósil del Cretácico está todavía pobremente explorado en la Antártida. Gran parte de la evidencia sobre la evolución temprana de las asteráceas y de otros grupos probablemente permanece sepultada bajo la capa de hielo. De todas maneras, a partir de los recientes hallazgos podemos estimar que las tierras hoy ubicadas en las más altas latitudes del hemisferio sur, es decir, la Patagonia, Nueva Zelanda, Australia y la Antártida, fueron testigos del surgimiento y la evolución temprana de esa familia vegetal, la más diversa del planeta de plantas con flores. 

LECTURAS SUGERIDAS

BARREDA VD et al., 2012, 'An extinct Eocene taxon of the daisy family (*Asteraceae*): Evolutionary, ecological and biogeographical implications', *Annals of Botany*, 109, 1: 127-134, doi: 10.1093/aob/mcr240.

BARREDA VD et al., 2015, 'Early evolution of the angiosperm clade *Asteraceae* in the Cretaceous of Antarctica', *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112, 35: 10989-10994, doi: 10.1073/pnas.1423653112.

FUNK VA et al. (eds.), 2009, *Systematics, Evolution and Biogeography of Compositae*, International Association for Plant Taxonomy, Viena.

KATINAS L et al., 2007, 'Panorama de la familia *Asteraceae* (= *Compositae*) en la República Argentina', *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 42, 1-2: 113-129.



Viviana D Barreda

Doctora en ciencias geológicas, UBA.
Investigadora principal del Conicet en el MACN.
Jefa de área de paleontología del MACN.
vbarreda@macn.gov.ar



Luis Palazzesi

Licenciado en ciencias biológicas, UNMP.
Doctor en ciencias geológicas, UBA.
Investigador independiente del Conicet en el MACN.
lpalazzesi@macn.gov.ar