



Cicadas actuales (*Cycas revoluta*) cultivadas con fines ornamentales. Foto tomada en el Jardín Botánico de Buenos Aires.



Leandro CA Martínez

Instituto de Botánica Darwinion, Conicet

Analia E Artabe

Facultad de Ciencias Naturales y Museo,
Universidad Nacional de La Plata

Cícadas, fósiles vivientes del reino vegetal

Las cícadas son un antiguo y enigmático grupo de plantas con semillas, la mayoría de cuyas especies tiene apariencia similar a las palmeras, con un tronco en forma de columna, sin ramificar y por lo común recubierto de hojas, que remata en una corona o penacho de hojas con sus extremos divididos. También hay especies con tallo subterráneo, pero siempre presentan el penacho de hojas en su ápice. Son comunes en plazas y jardines, tanto por razones ornamentales como por su resistencia a plagas y otros factores.

Aunque por su aspecto general parezcan palmeras, las cícadas son gimnospermas, es decir, plantas cuyas semillas no se forman en un ovario cerrado ni son parte de un fruto, sino que están expuestas. Otras gimnospermas vivientes son las coníferas (pinos, cipreses, araucarias, abetos, etcétera), las gnetales (de las que existen

hoy tres géneros, *Gnetum*, *Ephedra* y *Welwitschia*, con unas setenta especies) y el caso único del *Ginkgo biloba* o árbol de los 40 escudos.

Las cícadas pertenecen al linaje más antiguo de plantas con semilla que vive en el presente: los primeros registros de plantas del grupo datan de hace unos 290Ma, es decir, del período pérmico, el último de la era paleozoica.

Las cícadas fueron diversas y muy abundantes en los bosques y las selvas de la era mesozoica, cuando vivieron los dinosaurios. Por ello, los botánicos se refieren al Mesozoico como la era de las cícadas. Hacia finales del Cretácico y en el límite con el Paleoceno, hace unos 65Ma, junto con numerosas otras especies, sufrieron un proceso de extinción cuya consecuencia es que llegaron a la actualidad unos 10 géneros y unas 180 especies, todos pertenecientes al orden *Cycadales*, compuesto por

¿DE QUÉ SE TRATA?

La historia de un grupo de plantas presente en la Tierra desde hace casi 300Ma, por lo que podemos ver a sus integrantes actuales como fósiles vivientes.

tres familias: *Cycadaceae*, *Stangeriaceae* y *Zamiaceae*. Son plantas que viven hoy en lugares cálidos del planeta, en las Américas, el sudeste asiático, Australia y África.

La mencionada extinción masiva del Cretácico-Paleoceno no fue la única a la que sobrevivieron las cícadas; antes de ella pasaron por otras dos: la del Pérmico-Triásico hace unos 252Ma, y la del Triásico-Jurásico hace unos 201Ma. Su éxito y su supervivencia hasta la actualidad quizá se deba a que poseen adaptaciones para soportar sequía, fuego, patógenos y predadores. Así, acumulan en sus tallos gran cantidad de una sustancia viscosa llamada *mucilago*, que retiene agua aprovechable en períodos de sequía. También sintetizan y acumulan gran variedad de compuestos que les confieren resistencia a patógenos o que alejan predadores por su carácter tóxico. De hecho, la mayoría de los animales evitan comerlas.

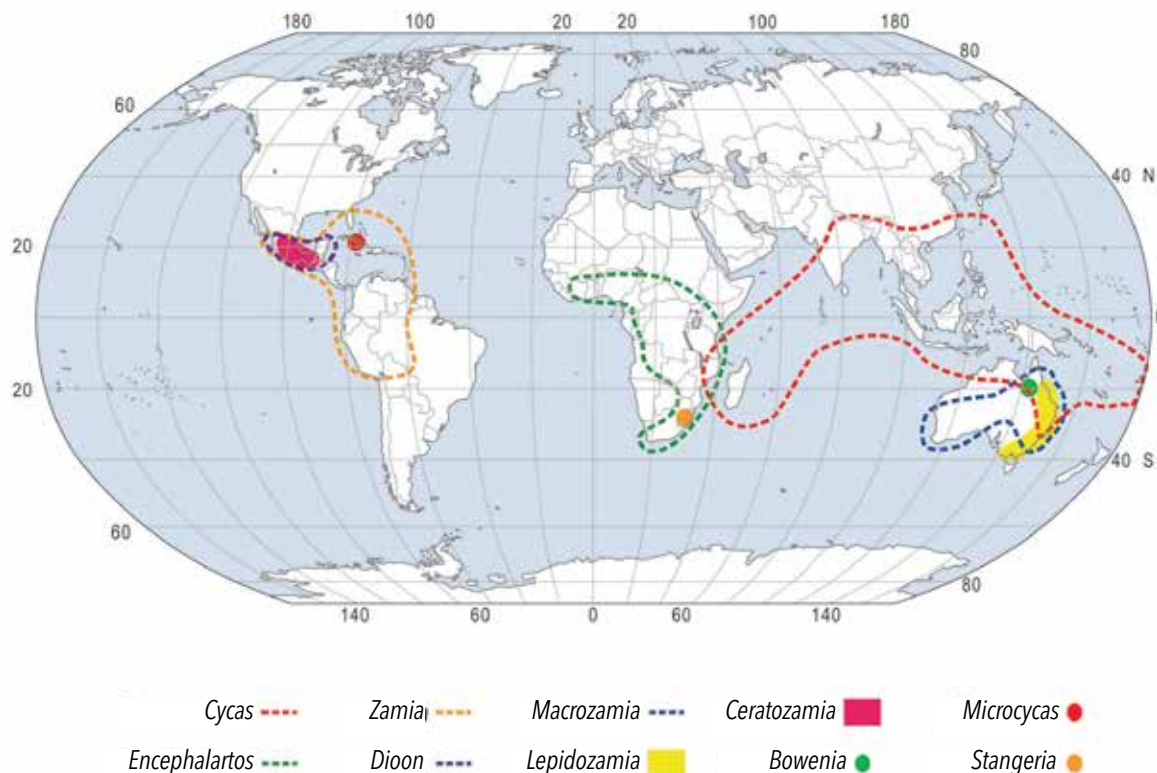
Los estudios de los fósiles de cícadas han aportado diversos datos de tipo biogeográfico (o sea, su distribución en los continentes), paleoclimático y paleoecológico (es decir, sobre las condiciones ambientales del pasado). La información obtenida por medio de los estudios anatómicos y morfológicos permiten establecer la relaciones filogenéticas (o de parentesco) y entender tanto los procesos como las tendencias evolutivas en este grupo de plantas.

Se han concebido diferentes hipótesis sobre el origen evolutivo de las cícadas, definidas sobre la base de di-

chos estudios anatómicos de fósiles. Entre ellas, se destaca la que sostiene su descendencia de las pteridospermas o helechos con semillas, que existieron a lo largo de las eras paleozoica y mesozoica y eran un grupo muy diverso de plantas, con numerosos órdenes y familias.

Más concretamente, dicha hipótesis considera como probables antepasados de las cícadas a uno de los órdenes de pteridospermas paleozoicas, el de las *Medullosales*, que habitaron los bosques tropicales de hace unos 350Ma y eran plantas con tallo en forma de columna, semejantes a una palmera pequeña o también a lianas, con grandes hojas compuestas y semillas de considerable tamaño. Estas características de su forma y apariencia, además de otros análisis más complejos, de tipo anatómico y filogenético, llevaron a postular el parentesco indicado.

Desde hace bastante, los paleobotánicos piensan que el orden *Cycadales* es *monofilético*, lo que significa que todos sus integrantes descienden de un ancestro común. Llegaron a esa conclusión sobre la base de comparaciones anatómicas y morfológicas entre los fósiles y las plantas actuales que se han ido refinando en las últimas décadas. Para fósiles vegetales, solo en contados casos se puede recurrir a los modernos análisis de parentesco que permite la actual genética molecular, porque salvo rara excepción no se encuentran en ellos restos de ADN.



Distribución geográfica de los géneros vivos del orden de *Cycadales*.



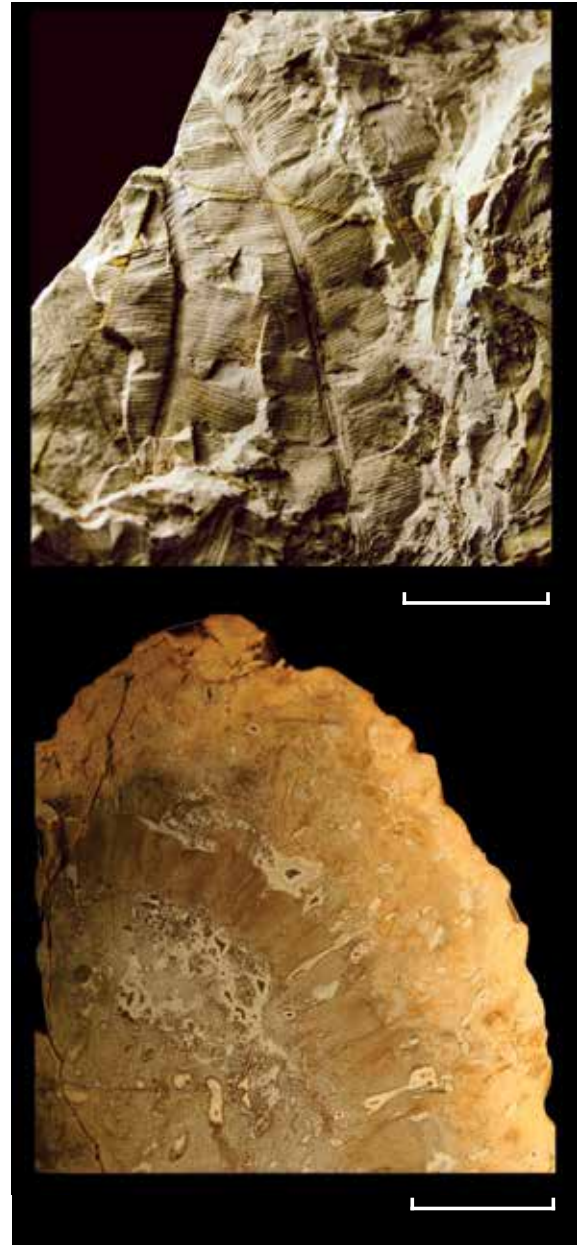
Interpretación de la apariencia de plantas que podrían haber alcanzado los 8m de alto de la especie *Medullosa noei*, perteneciente a un orden de pteridospermas o helechos con semillas que, según se considera, incluye los ancestros más cercanos de las cícadas. Vivieron durante los períodos carbonífero y pérmico temprano del Paleozoico, hace unos 350Ma, en tierras del actual hemisferio norte. Existe escasa evidencia que permita pensar que hayan estado presentes en Gondwana. Dibujo adaptado de <http://plantlife.ru/books/item/f00/s00/z0000029/st119.shtml>.

En el hemisferio norte se han encontrado numerosos fósiles de plantas que se asemejan a las cícadas, muchos en yacimientos del Carbonífero y del Pérmico, pero los más antiguos clasificados con certeza datan del segundo de esos períodos, provienen de China y tienen gran parecido a las hojas y los óvulos de cícadas actuales del género *Cycas*.

A partir del inicio del período triásico, hace unos 252Ma, cuando comienza la era mesozoica, se registra la presencia de cícadas en diversos yacimientos fosilíferos

de todo el planeta. La Argentina no es la excepción: en la cuenca geológica cuyana, en Mendoza, San Juan y San Luis, se han encontrado hojas de cícadas primitivas del género *Pseudoctenis*; y en los sedimentos de Ischigualasto, en San Juan, se halló un tallo fosilizado del género *Michelilloa*, cuyas características sugieren que es un temprano integrante del orden *Cycadales*.

Los fósiles encontrados en diversas partes del mundo permiten concluir que el número de géneros de *Cyca-*



Los más antiguos fósiles de *Cycadales* encontrados en territorio argentino. **Arriba:** impresión de hojas de una planta del género *Pseudoctenis*. **Abajo:** corte transversal de un leño del género *Michelilloa*, encontrado en Ischigualasto, en el que se advierten tres zonas (abajo a la izquierda, la médula; en el centro, la zona vascular, y en la franja exterior derecha, la corteza). Las barras que dan la escala miden 1cm.



Tronco fósil de una planta del Cretácico del género *Wintucycas* (orden *Cycadales*) encontrado en Salitral Ojo de Agua, Río Negro, unos 40km al sudeste de General Roca. El relieve responde a las bases foliares. La barra que da la escala mide 10cm.



Sección transversal del leño fósil de la especie *Neochamberlainia pteridospermoidea* (orden *Cycadales*). El área central corresponde a la médula; el angosto anillo oscuro que la rodea, a la zona vascular del leño, la que está a su vez rodeada por el anillo más ancho de la corteza. La barra que da la escala mide 10cm.

dales se incrementó a lo largo del Mesozoico, y que el orden alcanzó una gran diversidad en el Cretácico, como se aprecia por la elevada variedad de hojas, semillas y troncos fósiles encontrados. En los yacimientos del Mesozoico de la Argentina se identificaron varios géneros fósiles de hojas y leños, además de numerosas especies clasificadas como afines con las *Cycadales*. Con la extinción masiva de especies de fines del período cretácico, que acabó con las pteridospermas (lo mismo que con los dinosaurios), desapareció la mayoría de los géneros de *Cycadales*, pero el orden no se extinguió por completo.

Por otro lado, durante el transcurso del Cretácico aparecieron las primeras angiospermas o plantas con flores, que se fueron diversificado y, para el fin del período, habían colonizado y llegado a dominar los diferentes ecosistemas terrestres. Ese dominio se incrementó luego de la extinción del Cretácico-Paleoceno, pues las angiospermas sobrevivientes terminaron ocupando los nichos ecológicos dejados por otras plantas extinguidas, y así produjeron una trans-

formación de la apariencia, composición y ecología en la mayoría de los ecosistemas del planeta.

En los yacimientos fosilíferos cretácicos de la Patagonia se han encontrado numerosos restos del orden *Cycadales*, tanto tallos y hojas como estructuras reproductivas y semillas. Su estudio puso de manifiesto el incremento y la diversificación de un grupo o subfamilia de la familia *Zamiaceae* conocido con el nombre de *Encephalartee*, la que en la actualidad vive en las regiones tropicales y subtropicales de África y Australia y agrupa tres géneros: *Encephalartos* en África, y *Macrozamia* y *Lepidozamia* en Australia.

Muchos de los fósiles cretácicos de *Cycadales* encontrados en la Patagonia fueron asignados a la subfamilia *Encephalartee*. Esta asignación es coherente con el hecho de que durante la mayor parte del Mesozoico, América del Sur, África, Australia, la India, Madagascar y la Antártida conformaron parte del supercontinente Gondwana. Se puede pensar que las *Encephalartee* se diversificaron a lo largo de Gondwana mientras perduró un clima templado-cálido. Luego, con el cambio climático de fines



Hoja fosilizada de una planta del género *Kurtziana* (orden *Cycadales*) encontrada en estratos triásicos en San Juan. La barra que da la escala mide 1cm.

del Cretácico y con la fragmentación de Gondwana, se produjo por un lado la disyunción de las que estaban en África y Australia y, por otro, la extinción de las existentes en lo que hoy es la Patagonia.

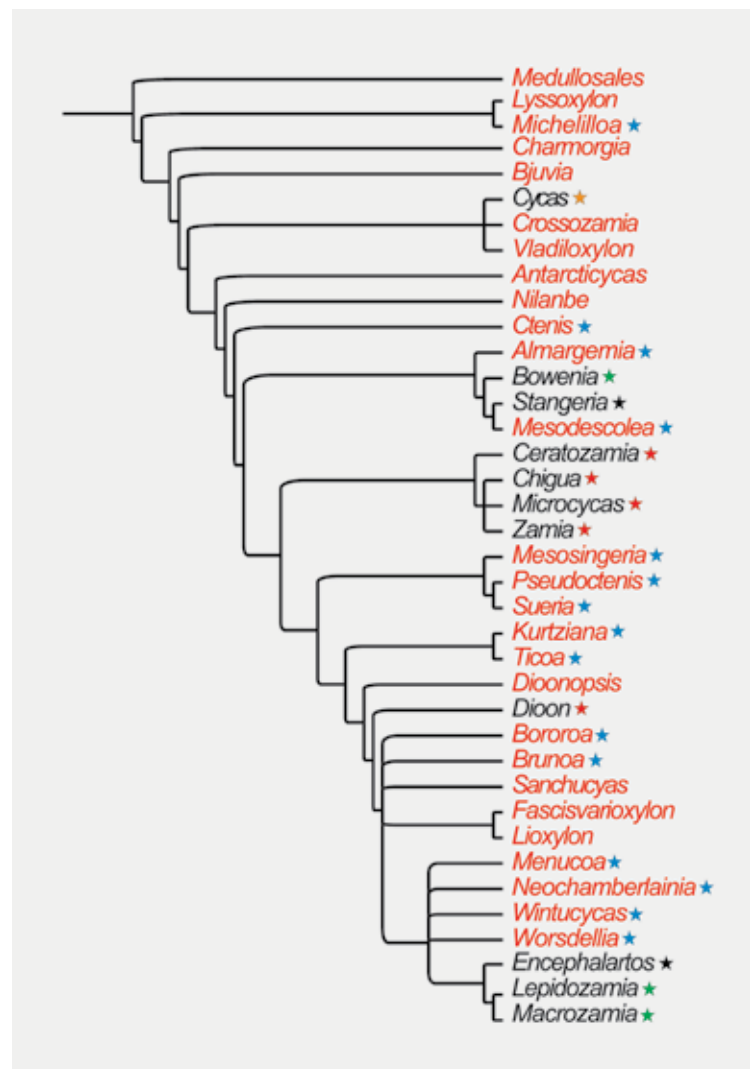
Los cambios que se produjeron luego del límite Cretácico-Paleoceno (o Mesozoico-Cenozoico) incluyeron el levantamiento de la cordillera de los Andes, el desplazamiento de la Antártida hacia el polo sur, la formación de la corriente circumpolar antártica y la disminución de los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera. El resultado final para la Patagonia fue a grandes rasgos su paso de un clima templado-cálido a uno templado-frío, condiciones que se fueron intensificando hasta el presente.

Algunas *Cycadales* extinguidas, de los géneros *Menucoa* y *Bororoa*, fueron halladas en sedimentos patagónicos de hace 63Ma, es decir del Paleoceno, lo que demuestra que su extinción por los factores mencionados tuvo una relativa gradualidad, lo mismo que el pasaje de las regiones australes de Sudamérica del clima cálido y húmedo a frío y seco que finalmente condujo a la desapa-

rición de las comunidades de bosques templado-cálidos de la Patagonia y la Antártida, con numerosos grupos de animales que vivían en ellas.

No se han hallado en territorio argentino restos de *Cycadales* en estratos rocosos posteriores al Eoceno, y hoy solo vive un género de ese orden en Sudamérica, *Zamia*, con una distribución que va desde Colombia hasta Bolivia. Está emparentado con el mencionado género fósil *Bororoa* encontrado en estratos del Paleoceno en la Patagonia.

Las cícadas cohabitaron con los dinosaurios y otros grupos de animales a lo largo de la era mesozoica. Algunas de sus características indicarían una posible coevolución con ciertos grupos de ellos. Las cícadas poseen una colorida cubierta carnososa que envuelve sus semillas y es consumida actualmente por numerosos animales



Árbol filogenético simplificado de los géneros vivos (en negro) y fósiles (en bermejo) de cícadas. Las estrellas azules indican los fósiles encontrados en la Argentina, que tienen parentesco con géneros hoy vivos en África y Australia, respectivamente indicados por estrellas negras y verdes, pero no con los que subsisten en Asia (estrella naranja). Las estrellas rojas corresponden a América.



Zamia elegantissima, especie del único género de *Cycadales* presente hoy en Sudamérica (desde el Caribe a Bolivia), fotografiada en Panamá. Smithsonian Tropical Research Institute

(roedores, elefantes, emús, canguros, zarigüeyas, aves). Esto sugiere que en el pasado podría haber sido consumida —y de este modo dispersada— por dinosaurios, entre otros. Como en los procesos de extinción de finales del Cretácico habrían existido efectos recíprocos entre plantas y animales, la desaparición de los dinosaurios podría haber producido ciertas alteraciones en las formas de dispersión de las cícadas y limitado su migración. En otras palabras, el no poder dispersarse o migrar hacia regiones más cálidas, sumado al enfriamiento del clima, quizá haya sido uno de los factores que condujo a la extinción de estas plantas en la Patagonia y en otras regiones del mundo.

A pesar de haber quedado reducido a un número pequeño de especies en comparación con las que existieron en el remoto pasado geológico, las cícadas pueden considerarse un grupo exitoso, ya que han permanecido en la Tierra por cerca de 300Ma. Sin embargo, las especies actuales corren hoy el riesgo de desaparecer por la destrucción de los ambientes en los que habitan. **CH**

LECTURAS SUGERIDAS

ARTABE AE & STEVENSON DW, 1999, 'Fossil Cycadales of Argentina', *The Botanical Review*, 65: 219-238.

CÚNEO NR et al., 2010, 'Review of the Cycads and Bennettitaleans from the Mesozoic of Argentina', en Gee CT (ed.), *Plants in Mesozoic Time: Morphological innovations, phylogeny, ecosystems*, Indiana University Press, pp. 187-212.

MARTÍNEZ LCA, ARTABE AE & BODNAR J, 2012, 'A new cycad stem from the Cretaceous in Argentina and its phylogenetic relationships with other Cycadales', *Botanical Journal of the Linnean Society*, 170: 436-458.

NORSTOG K & NICHOLLS T, 1997, *The Biology of the Cycads*, Cornell University Press, Ithaca NY.

PANT DD, 2002, *An Introduction to Gymnosperms, Cycas and Cycadales*, Birbal Sahni Institute of Palaeobotany, Lucknow, India.

STEVENSON DW, 1990, 'Morphology and systematics of the Cycadales', en Stevenson DW (ed.), *The Biology, Structure and Systematics of the Cycadales*, New York Botanical Garden, 57: 8-55.



Leandro CA Martínez

Doctor en ciencias naturales, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP.

Investigador adjunto del Conicet en el Instituto de Botánica Darwinion.

Profesor adjunto, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP.
gesaghi@gmail.com



Analía E Artabe

Doctora en ciencias naturales, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP.

Investigadora principal del Conicet en el Museo de La Plata.

Profesora titular, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP.
aartabe@fcnym.unlp.edu.ar