

XII aniversario
de Ciencia y Desarrollo

marzo
abril
1987
núm. 73
año XIII

ciencia y desarrollo

ISSN 01850008

**La geotermia en
nuestro país**

**Sobre la calidad
de la ciencia**



La planta más antigua de México



CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

MEXICO \$600.00
EXTRANJERO US \$4.50

Dioon edule: la planta más antigua de México

por Andrew P. Vovides y Charles M. Peters

Las plantas vivas más antiguas de México tienen más de 2 500 años; Dion edule, pese a su gran capacidad de adaptación, actualmente se encuentra en peligro de extinción. Si no se toman las medidas ecológicas necesarias, este recurso mexicano desaparecerá para siempre

De todas las maravillas vegetales que se encuentran en la flora mexicana *Dioon edule* Lindley es una de las más interesantes. Conocida vernacularmente como "chamal, tiotamal o quiotamal", *Dioon edule* (*D. edule*) pertenece a la familia *Zamiaceae* (*Cycadaceae*); un grupo de plantas comúnmente conocidas como cicadáceas (véase figura 1). Las cicadáceas son de interés especial para los botánicos porque son las espermatofitas vivientes (angiospermas y gimnospermas) más primitivas de la Tierra. No sólo sobrevivieron a la llegada de las angiospermas al final del periodo mesozoico —lo que lograron pocas plantas primitivas—, sino que además se mantuvieron en pie por más de 60 millones de años. A pesar de su antigüedad, sería erróneo pensar que *D. edule* y otros miembros de su familia han sobrellevado el paso del tiempo, sin ninguna alteración. Estudios recientes demuestran que para mantenerse viva a lo largo de su evolución esta especie ha desarrollado mecanismos complejos. Gracias a sus complejas interacciones

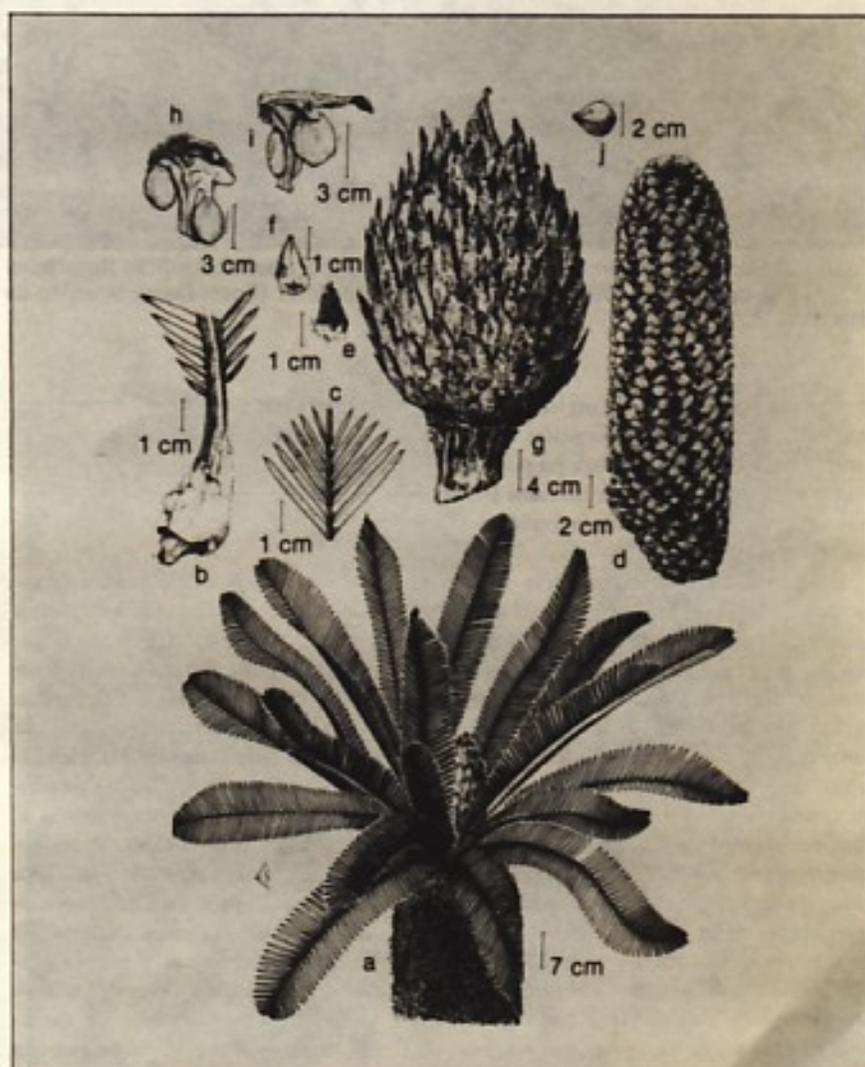


Figura 1. *Dioon edule* Lindley: a. planta adulta; b. detalle de la base de la hoja; c. detalle de la punta de la hoja; d. cono masculino; e. y f. detalle de la escama masculina (microsporófilo); g. cono femenino; h. e. i. escama femenina con dos semillas inmaduras; j. semilla madura. (Ilustración Edmundo Saavedra)

Instituto Nacional de Investigaciones
sobre Recursos Bióticos
Apdo. Postal 63
91000 Xalapa, Veracruz



Figura 2. Reconstrucción de un paisaje mesozoico. Las cicadofitas ilustradas pertenecen al orden *Bennettitales*, por ejemplo *Cycadeoidea*, *Williamsonia* y *Williamsoniella*. (Foto: Departamento de Botánica, Universidad de Cardiff, Gran Bretaña)

con las algas azul-verdes y con los hongos micorrízicos, y a la modificación de su sistema fotosintético, *D. edule* ha podido sobrevivir y adaptarse a los cambios ambientales que han ocurrido a través del tiempo geológico.

En la actualidad la sobrevivencia de *D. edule* y de las cicadáceas en general se ve amenazada no por los cambios climáticos ni por la competencia con otras plantas, sino por la destrucción y la alteración de su habitat por parte del hombre. De por sí, en México existen pocos ejemplares de esta especie que está ya considerada en peligro de extinción. Evidentemente, la extinción de cualquier especie es motivo de preocupación; sin embargo, en el caso de *D. edule* existe un antecedente curioso que hace que su desaparición resulte aún más alarmante: se ha encontrado que algunos ejemplares de esta especie son extremadamente viejos y que algunos adultos grandes tienen más de 2 500 años. De hecho, existen muchos datos que sugieren que *D. edule* es la planta viviente más antigua de México.

La larga historia de *Dioon edule*

Gracias a los estudios paleobotánicos sabemos que las cicadofitas (de los órdenes *Bennettitales* y *Cycadales*) existieron durante la época mesozoica, es decir, hace 100 ó 160 millones de años. Esta época se identifica popularmente como la "edad de los dinosaurios y las cicadofitas". Durante este periodo las cicadofitas, sobre todo las pertenecientes al orden de las *Bennettitales*, eran un componente importante de la flora mundial (véase figura 2). Las *Bennettitales* difieren de las cicadáceas por sus estructuras reproductivas y por la epidermis foliar. Debido a diversos factores ecológicos, las *Bennettitales* se extinguieron durante el cretácico. Se pueden encontrar sus fósiles en países como Unión Soviética, Gran Bretaña y Estados Unidos. Las cicadáceas, por su parte, aún existen en los trópicos y subtrópicos

de los continentes de América, África, Asia, Australia, y en las islas de Indonesia y Oceanía. Una de las poblaciones más grandes y diversas de cicadáceas se encuentra en México; podría decirse incluso que es la más importante y variada del continente americano. De las 20 especies de cicadáceas que crecen en México, ocho pertenecen al género *Dioon*.

Desde el punto de vista morfológico el género *Dioon* se caracteriza por su parecido con los helechos o con las palmeras, a pesar de que no tiene ninguna relación con estos dos grupos de plantas vasculares. Produce sus semillas desnudas en conos y, en algunas especies, por ejemplo en la especie mexicana *Dioon spinulosum*, los conos son enormes y llegan a pesar más de 25 kilos. Aunque conserva características muy primitivas, el género *Dioon* muestra gran variación morfológica dentro de la misma especie. Lejos de ser "fósiles vivientes", como piensa mucha gente, son plantas que están evolucionando y diferenciándose activamente.

Uso y situación actual

A través de la historia, *D. edule* fue usada de diversas maneras por el hombre. Su uso más antiguo fue como un alimento, durante tiempos de escasez. En muchas regiones de México, todavía se prepara masa para tortillas con las semillas de *D. edule*. Las semillas, sin embargo, contienen una alta concentración de compuestos tóxicos (cicasinas) y, antes de ingerirse, deben someterse a un proceso de cocimiento. También en algunos lugares se usan las semillas como medicina para el tratamiento de la neuralgia.

El uso más extensivo de *D. edule* se da como planta ornamental. Desafortunadamente, la forma en que se explota la planta para este fin es muy destructiva. En lugar de utilizar la planta entera, la gente corta la copa o la corona de hojas y las vende en las calles de muchas ciudades de México como "palmas listas para sembrar" (véase figura 3). Sin embargo, la copa rara vez desarrolla raíces, pues el tallo cortado, rico en almidón, se infecta con hongos y se pudre. Existe, igualmente, un mercado negro de plantas vivas de *D. edule*, y cantidades enormes se han sacado de México y enviado a Europa, Japón y Estados Unidos. Entre los años 1982 y 1983 más de 25 000 ejemplares de cicadáceas, incluyendo a *D. edule*, se sacaron ilegalmente del país.

Junto con su sobreexplotación como planta ornamental, la deforestación y la expansión agrícola han afectado dramáticamente la distribución y la abundancia de *D. edule* en México. Poblaciones naturales de *D. edule* están desapareciendo a una velocidad alarmante, y la existencia de la especie está muy amenazada. La situación actual de las cicadáceas es tan grave que el Comité de Plantas Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza incluye a *D. edule* en la lista de plantas en peligro de extinción.

Como respuesta a la rápida destrucción de las poblaciones silvestres de *Dioon*, hace cinco años se iniciaron en el estado de Veracruz estudios ecológicos sobre la especie. El objetivo principal de estos estudios fue cuantificar la

regeneración, el crecimiento y la dinámica poblacional de la especie bajo condiciones naturales. Se dio atención especial a los aspectos ecofisiológicos que favorecen la sobrevivencia de la especie. Con base en la información obtenida sobre la biología de la especie se pueden dar indicaciones para la conservación y el uso racional de este valioso recurso mexicano.

Habitat y ecología

La población que se estudió de *D. edule*, está situada en el Cerro de Achichuca, en la parte central del estado de Veracruz, cerca de Jalcomulco. El clima de la región es cálido y subhúmedo, con una precipitación

anual de solamente 1 000 mm y una época de sequía que dura seis meses al año. La población de las cicadáceas se encuentra en las laderas sureñas del cerro, con pendientes de 90 %. Los suelos del sitio son secos, de origen calizo (*rendzina* tropical), muy someros, con afloramientos de roca caliza que forman pequeños peñascos en muchos lugares, y la vegetación nativa, de selva baja caducifolia, está tan perturbada que se preserva muy poca selva. Debido a la reducida profundidad del suelo y a las pendientes tan pronunciadas la pequeña parte de la selva que se seleccionó para el estudio no fue talada anteriormente. En la zona existe cierta actividad humana, como el corte de leña y el saqueo, ya mencionado, de las coronas de *Dioon*.

A pesar del ambiente en extremo



Figura 3. Coronas decapitadas de *D. edule* que esperan un comprador. Cuando son cortadas de esta manera rara vez vuelven a enraizar. (Foto: A. Vovides)

adverso, el sitio que se estudió cuenta con una población relativamente densa de *D. edule*. Se calcula que, en una hectárea, existen más de 4 500 individuos de la especie, incluyendo plántulas e individuos juveniles y adultos. Muchos de los individuos crecen en los micrositos más inhóspitos: encima de rocas, en lugares con poco suelo, o a lo largo de las pendientes más pronunciadas (véase figura 4). A raíz de esta serie de datos surgieron varias preguntas: ¿cómo puede sobrevivir y crecer *D. edule* en sitios tan expuestos, con tan poca agua y nutrientes?, ¿cómo es posible que esta planta pueda formar poblaciones tan densas en lugares donde las especies angiospérmicas, evolutivamente más avanzadas, apenas han logrado sobrevivir? O más específicamente, ¿cuáles son los mecanismos que ha desarrollado *D. edule* para vencer las limitaciones de su ambiente?

A lo largo de su historia, *D. edule* ha establecido relaciones benéficas con otros organismos que cooperan en su obtención de agua y nutrientes. Por ejemplo, desde el siglo pasado sabemos que todas las cicadáceas, incluyendo a *D. edule*, mantienen una relación simbiótica con las algas azul-verdes de los géneros *Nostoc* y *Anabaena*. Estas algas se desarrollan en un sistema especial de raíces coraloides de *Dioon*, que crecen hacia arriba hasta la superficie del suelo. Después de establecerse, las algas fijan nitrógeno atmosférico y lo ponen a disposición de la planta. A cambio de esto, *D. edule* proporciona carbohidratos a las algas. Esta simbiosis es especialmente ventajosa en lugares donde la concentración de nitrógeno en el suelo es muy baja, como ocurre en los suelos calizos.

Durante este estudio también se comprobó que existe una relación con unos hongos, llamados micorrízicos, que infectan las raíces normales de *Dioon*. El micelio producido por el hongo se comporta como un pelo radical grande, que mejora la absorción de agua del suelo, más allá de donde llegan las raíces de la planta. Esto puede constituir una gran ventaja en un medio donde el agua escasea. De la misma manera, esta relación con los hongos micorrízicos aumenta la absorción de nutrientes tales como el fósforo, el cual es muy bajo en los suelos del Cerro Achichuca. La presencia de estos hon-



Figura 4. Planta adulta de *D. edule* que crece sobre un afloramiento de roca caliza en el Cerro Achichuca, Veracruz. (Foto: C. Peters)

gos puede tener un efecto notable en el crecimiento de una planta. En un experimento controlado se descubrió que, después de seis meses de germinación, el crecimiento de plántulas de *Dioon* inoculadas con hongos micorrízicos fue 22% más que el de aquellas que no fueron inoculadas.

En el Cerro de Achichuca hay una población considerable de plantas xerófitas, como *Opuntia*, *Hechtia*, *Agave* y varias especies de *Tillandsia*. Todas estas especies poseen un sistema fotosintético altamente especializado,

llamado metabolismo ácido de las crasuláceas (*Crassulacean Acid Metabolism*, CAM). Dicho sistema permite que, durante la noche, cuando la planta abre sus estomas, absorba bióxido de carbono. Al abrir sus estomas en la noche, la planta evita la pérdida de agua que ocurriría si lo hiciera durante el día, cuando la transpiración y la evaporación están al máximo. El bióxido de carbono fijado durante la noche se almacena en forma de ácidos orgánicos (málico o cítrico) hasta el día siguiente, cuando éstos se con-



Figura 5. Acercamiento del tronco de *D. edule* que muestra claramente las bases persistentes de las hojas. (Foto: C. Peters)

vierten en el bióxido de carbono que se utiliza en la fotosíntesis.

En el curso de una serie de experimentos ecofisiológicos con *D. edule*, se notó que en sus hojas existe cierta fluctuación diurna de ácidos titulables. Esto podría ser un indicio de que en esta especie también está presente el CAM. Esta fluctuación fue más notable durante la sequía, lo que quizá indica que *D. edule* sólo utiliza este sistema fotosintético durante periodos en los que el agua escasea. Habría que llevar a cabo más investigaciones para

confirmar estas observaciones; si resultan correctas, *D. edule* será la gimnosperma más primitiva que se haya encontrado con este metabolismo.

Longevidad

Como resultado de las limitaciones de su medio, *D. edule* crece muy lentamente. Esto lo sabe cualquier jardinero que haya intentado cultivar una planta de *Dioon* en su casa. En el

Cerro Achichuca, el crecimiento vertical de las plantas de esta especie es tan lento que casi no puede medirse. Por ejemplo, en cuatro años de observación se ha registrado un promedio de crecimiento de apenas cuatro milímetros; además, las plantas grandes crecen un poco más rápido que las plántulas y los individuos en etapa juvenil. La presencia de plantas adultas con una altura de casi tres metros nos hace reflexionar sobre los años que puede tener una planta grande de *D. edule*. Esto es difícil de determinar pues las cicadáceas no crecen en diámetro como un árbol y, por lo tanto, no forman anillos de crecimiento.

El primero en calcular la edad de *D. edule* fue el botánico estadounidense Charles Chamberlain. Lo hizo en el año de 1919 en Xalapa, Veracruz, con la ayuda de Luis Murillo, profesor de la Escuela Normal de Xalapa. El profesor Murillo observó por un periodo de 11 años la producción de hojas de un ejemplar de 1.5 m de alto de *D. edule* que crecía en su jardín. Advirtió que su planta producía una nueva corona de hojas cada tercer año, con un total de 20 hojas por cada corona, es decir, diez hojas por año. Apoyado en esta información el doctor Chamberlain contó las bases persistentes de las hojas que se forman como una armadura protectora a lo largo del tronco de la planta (véase figura 5). Con una división sencilla calculó que la edad de la planta era de 970 años. Como destacó Chamberlain, esta cifra fue muy conservadora, pues la producción de hojas de una planta joven es mucho menor que diez por año. Además, después de producir un cono, *D. edule* entra en un periodo de descanso de hasta cinco años sin producir ninguna hoja.

En este estudio se modificó la metodología de Chamberlain para calcular la edad de las plantas de *D. edule*, al tomar en cuenta la variabilidad en la producción de hojas de las plántulas, las juveniles y las adultas. Primero, se dividieron las plantas, según su altura, en nueve grupos distintos y, durante cuatro años, se registró el promedio de producción anual de hojas de los individuos de cada grupo. Después, se contó el total de bases de hojas en el tronco de tres a cinco individuos de cada grupo. Estos datos se presentan

Grupo de altura (cm)	Número de bases de hojas	Aumento núms. de bases	Producción hojas/año grupo	Permanencia en el grupo	Edad (años)
0-5	12.3		1.06	11.6	11.6
6-10	119.3	107.0	1.00	107.0	118.6
11-20	301.3	182.0	1.44	126.4	245.0
21-30	1 060.0	758.7	2.63	288.5	533.5
31-40	1 498.3	438.3	5.67	77.3	610.8
41-70	2 041.2	542.9	5.75	94.4	705.2
71-100	3 585.6	1 544.4	7.60	203.2	908.4
101-200	7 713.1	4 127.5	10.00	412.8	1 321.2
210-300	21 521.7	13 808.6	11.00	1 255.3	2 576.5

Cuadro. Cálculo de la edad de *D. edule* con base en la tasa de producción de hojas de las plantas según su altura y el número total de bases persistentes de hojas contadas en el tronco. Los datos provienen de 130 individuos del Cerro Achichuca, estado de Veracruz. En el texto viene la explicación de las columnas

en el cuadro. La primera columna de dicho cuadro muestra los grupos según su altura, y la segunda proporciona el promedio del número de bases de hojas contadas. La tercera columna muestra el aumento de bases de hojas del grupo anterior; por ejemplo: $119.3 - 12.3 = 107.0$, en el caso de los dos primeros grupos. La cuarta columna, por su parte, contiene el promedio de hojas producidas anualmente por cada grupo, y la quinta, indica el número de años que permanece una planta en un grupo determinado. En la última columna, viene el cálculo de la edad de las plantas; éste se obtiene al sumar el tiempo de permanencia en este grupo con la edad total del grupo anterior. Por ejemplo, en el caso del segundo grupo de altura (de 6 a 10 cm): $107.0 + 11.6 = 118.6$ años.

De acuerdo con lo indicado por el cuadro, una planta de *D. edule* que mide 2.5 m de altura tiene más de 2 500 años. Ahora bien, se calcula que el árbol de Santa María del Tule (*Taxodium mucronatum*) en Oaxaca, tiene alrededor de mil años. Según estas cifras, podríamos decir que los individuos grandes de *D. edule* son, con certeza, las plantas vivas más antiguas de México. La primera semilla de la que

surgió la primera planta, germinó cuando los olmecas estaban esculpiendo sus cabezas colosales; cuando Cortés llegó a la costa de Veracruz, la planta ya era un adulto de 2 000 años.

La conservación de *Dioon edule*

En virtud de su historia y evolución, de su valor como planta ornamental y de su asombrosa longevidad, no cabe duda de que *D. edule* es un patrimonio importante de México. Sin embargo, esta planta se encuentra ya en peligro de extinción. Para evitar que *D. edule* desaparezca es urgente que se elabore un proyecto de conservación. Se deben localizar las pocas poblaciones naturales que aún existen y hacer todo lo posible para frenar su destrucción. Para asegurar una fuente de germoplasma, los jardines botánicos deben establecer, como regla general, viveros para la propagación de ésta y otras especies amenazadas. Quizá lo más importante sea aplicar rigurosamente las leyes ya existentes que prohíben el comercio de las plantas que están en peligro de ex-

tinción. Aunado a lo anterior, es también fundamental que se tome conciencia del valor científico y económico de este recurso vegetal. A pesar de su antigüedad, *D. edule* es una planta que aún es capaz de sobrevivir y mantenerse durante largo tiempo en este planeta. Sería un error irreparable si el descuido del hombre la elimina para siempre. ●

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo del personal del programa "Flora de México y Jardín Botánico Clavijero" del Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos y del CONACYT, por el financiamiento de equipo de laboratorio del proyecto "Biosistemática Vegetal", que hizo posible esta investigación. Agradecen, asimismo, al doctor Tim Wood sus sugerencias en los estudios de hongos micorrízicos, al doctor John Etherington por sus valiosos comentarios en la investigación de campo y, finalmente, al doctor Franklin Rendón por sembrar la idea de este artículo.

BIBLIOGRAFIA

1. Andrews, H. N., *Ancient Plants and the World They Live In*, Comstock Publishing Co., Nueva York, 1947, 279 pp.
2. Banks, H. P., *Evolution and Plants of the Past*, Macmillan, Londres, 1970, 170 pp.
3. Chamberlain, C. J., *The Living Cycads*, Hafner Publishing Co., Nueva York, 1919, 172 pp.
4. De Luca P., S. Sabato y M. Vázquez Torres, "Distribution and variation of *Dioon edule* (Zamiaceae)", *Brittonia*, vol. XXXIV, núm. 3, 1982, pp. 355-362.
5. Eckenwalder, J. E., "Cycads: The Prime of their Lives", *Bulletin of the Fairchild Tropical Garden*, vol. XXXV, núm. 1, 1980, pp. 11-19.
6. Thieret, J. W., "Economic Botany of the Cycads", *Economic Botany*, vol. XII, núm. 1, 1958, pp. 5-21.
7. Thing, I. P., "Crasulacean Acid Metabolism", *Annual Review of Plant Physiology*, vol. XXXVI, 1985, pp. 595-622.
8. Vovides, A. P., J. D. Rees y M. Vázquez Torres, *Flora de Veracruz*, fascículo 26, Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Xalapa, Veracruz, 1985, 51 pp.
9. Vovides, A. P., "Trade and Habitat Destruction Threaten Mexican Cycads", *Trafic*, vol. VI, núm. 4, World Wildlife Fund, Washington, 1986, p. 15.