

## JARDÍN XERÓFITO PARA DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

**Arcadio Monroy-Ata<sup>1</sup> y Balbina Vázquez-Benítez<sup>2</sup>**

Unidad de Investigación en Ecología Vegetal<sup>1</sup> e Invernadero<sup>2</sup>,  
Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, *Campus II*, UNAM. Apartado Postal 9-020,  
C.P. 15000, México, D.F. E-mails: <sup>1</sup>arcadiom@unam.mx, <sup>2</sup>balbinav75@gmail.com

### RESUMEN

En este trabajo se diseñó y estableció un jardín xerófito con fines de divulgación científica. Ésto se realizó en las áreas verdes del Campus I de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, de la Universidad Nacional, al oriente de la Ciudad de México. El diseño del jardín consistió en trazar y dibujar, en la superficie del suelo, una espiral logarítmica, una estrella de Vitruvius, un pentágono fractal y un rectángulo áureo. Se utilizaron estacas de 10 cm de alto, pintadas de blanco, para delimitar las curvas y plantas crasas para remarcar las figuras geométricas. Se trasplantaron 29 especies vegetales, con 144 individuos en total, y se instaló un atrapanieblas como modelo de cosecha de agua atmosférica para riego vegetal. La divulgación científica de los conceptos geométricos se ha realizado mediante visitas guiadas. Se concluye que es factible establecer un jardín urbano de cero riego en el Oriente de la capital mexicana, sin embargo, es necesario reforzar las estructuras de las curvas geométricas. También, se requiere establecer paneles informativos sobre las figuras dibujadas sobre el suelo y cédulas con datos técnicos de las especies vegetales, para facilitar la divulgación de los conceptos científicos del diseño base del jardín y la explicación de la función del atrapanieblas.

**Palabras Clave:** Cactus, divulgación científica, jardín xerófito, plantas crasas, sección áurea.

### ABSTRACT

In this work, a xerophytic garden was designed and established for science popularization purposes. This was made on a green area of the Facultad de Estudios Superiores Zaragoza of the National University, at the East of Mexico City. The garden design was outlined by drawing on the soil surface, a logarithmic spiral, a Vitruvius star, a fractal pentagon and a golden rectangle. For this, white painted 10 cm high stakes were buried to delimit the curves, and succulent plants were planted to remark the geometric figures. Twenty nine plant species were transplanted, with 144 total individuals, and a catch-fog mesh device was installed with a view to exhibit an atmospheric water harvesting model for plant irrigation. The science popularization of geometric concepts was made by means of guided visits. It was concluded that it is feasible to establish an urban garden without irrigation in the East of Mexico City. Nevertheless, it is necessary to strengthen the structure of geometric curves. Also, it is required to install information panels about the soil drawings and technical fact sheets on plant species in order to facilitate popularization of the underlying scientific concepts of garden design and the explanation of catch-fog device function.

**Key Words:** Cacti, science popularization, xerophytic garden, succulent plant, golden section.

## INTRODUCCIÓN

**"X"** ero" significa seco y "fito" planta, por lo que la vegetación xerófita se refiere a especies que median en hábitats con sequía edáfica o climática, es decir que pueden funcionar en condiciones de escasez de agua. Un jardín xerófita es aquél formado por un conjunto de plantas provenientes de zonas áridas y semiáridas<sup>1</sup>. Las plantas más conocidas y empleadas en arreglos ornamentales para jardines xerófitos son las cactáceas<sup>2-5</sup> (los cactus), las crasuláceas<sup>6-7</sup> (plantas con hojas crasas o gruesas por la retención de humedad en sus tejidos), las agaváceas<sup>8</sup> (magueyes y yucas) y algunas liliáceas. Como ejemplo de la variedad de especies de las que dispone el diseñador de jardines xerófitos, las cactáceas son una familia botánica originaria del Continente americano que posee unas 1,200 especies y en México existen alrededor de 800 especies, la mayoría de las cuales son endémicas, por lo que la República Mexicana es el centro de origen y diversidad de esta familia. México también es centro de origen y diversificación de las familias Crassulaceae y Agavaceae. Las cactáceas son plantas apreciadas en todo el mundo por la belleza y colorido de sus flores, por ser plantas exóticas en climas templados y por sus variadas formas: columnares, globosas, en agrupaciones de cladodios (típico en nopal), en colonias formadas por esferas pequeñas, en forma de candelabros como el garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*) o arborescentes como los cardones (*Cylindropuntia*). Las cactáceas han transformado y reducido sus hojas para formar espinas de formas y colores diversos, a fin de evitar la pérdida de agua por transpiración y para defender sus tejidos hidratados de una gran cantidad de herbívoros, desde insectos, aves y reptiles hasta ganado caprino y ovino.

Tanto cactáceas como crasuláceas poseen un mecanismo de alta eficiencia en el uso del agua, llamado Metabolismo Ácido de las Crasuláceas o CAM por sus siglas en inglés (*crassulacean acid metabolism*). Con este mecanismo, durante el día las plantas mantienen cerrados sus estomas, evitando transpirar y perder agua de sus tejidos. Como los vegetales requieren dióxido de carbono, agua y luz solar para realizar la fotosíntesis, las plantas CAM sólo abren sus estomas de noche, cuando las temperaturas son frescas, a fin de transpirar y captar dióxido de carbono, el cual se fija en moléculas como el malato y otros ácidos orgánicos, a través de una carboxilación enzimática; al día siguiente bajo el sol, estos ácidos orgánicos son descarboxilados, liberando el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) en el interior del vegetal, a fin de realizar la fotosíntesis<sup>9</sup>. Gracias a este mecanismo, las cactáceas y crasuláceas tienen una elevada eficiencia en el uso del agua: unas diez veces superior al de plantas de ambientes húmedos, ya que transpiran en temperaturas de unos 5 °C y cierran sus estomas durante el día con temperaturas superiores a los 30 °C. La eficiencia del uso del agua (o *Water Use Efficiency*, WUE) de las plantas se determina midiendo cuántos gramos de biomasa seca produce una planta por litro de agua irrigada o por volumen de precipitación pluvial anual<sup>10</sup>, ya que 1 mm de lluvia

corresponde a 1 L de agua de lluvia por m<sup>2</sup>. Otro mecanismo para hacer frente a la sequía de las plantas crasas es el "nodrizaje hídrico", el cual consiste en condensar neblina, principalmente en el periodo de secas -durante noches frías y húmedas- debido a que estos vegetales poseen superficies hidrófobas y al contacto con las microgotas de agua de la niebla, éstas cambian del estado de vapor de agua al líquido por su naturaleza hidrófila; asimismo, los cactus funcionan como mallas atrapanieblas en sus superficies espinosas para después canalizar el recurso hídrico, en forma líquida, a la base de las plantas mediante su arquitectura vegetal. También, vegetales de zonas áridas y semiáridas como nopal, magueyes y pastos perennes, tienen la capacidad de formar rápidamente "raíces de lluvia", para captar la esporádica humedad edáfica del suelo superficial y una vez que se deseche el sustrato, las raicillas mueren.

En esta nota técnica se presenta el diseño de un jardín xerófita con fines de divulgación científica.

## METODOLOGÍA

El jardín xerófita se estableció en la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, a un lado del edificio de Gobierno de Campus I, en el Oriente de la Ciudad de México. Comprende una superficie de 506 m<sup>2</sup> (11.5 x 44 m). La finalidad fue albergar una serie de especies de plantas crasas, esencialmente nativas de México, que tengan una distribución estética, que sean de bajo riego y de mantenimiento poco frecuente<sup>11-12</sup>. Al mismo tiempo, se diseñó bajo un esquema de figuras geométricas, cuyas curvas se delimitaron con estacas de madera de 10 cm de alto y pintadas de blanco y se remarcaron los puntos de quiebre de las curvas mediante el establecimiento de plantas crasas, a fin



Foto 1. Vista general del jardín xerófita de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, de la Universidad Nacional Autónoma de México. En segundo plano se aprecia un pentágono fractal (aristas señaladas con flechas) con 5 pentágonos inscritos.

de realizar actividades de divulgación científica y de educación ambiental (Foto 1). También, se instaló un atrapanieblas que suministra agua de condensación atmosférica, a un ejemplar de cactus columnar en el extremo sur del área del jardín (Foto 2).

El jardín está constituido por 29 especies de plantas de zonas semiáridas (ver Cuadro 1), con un total de 144 ejemplares. El trasplante de los organismos<sup>13</sup> se hizo de acuerdo al diseño<sup>14-15</sup> esquematizado en el croquis de la Figura 1, en el que se resaltan las figuras de una espiral logarítmica (Foto 3), la estrella asociada al hombre de *Vitrubius* (Foto 4), un pentágono fractal (segundo plano de la Foto 1), una plaza áurea y una plataforma en cuatro niveles. Esto con el fin de explicar a los visitantes, en visitas guiadas, qué es el número de oro (1.618...), la serie de Fibonacci (1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, etc.), los fractales y la espiral logarítmica.



Foto 2. Atrapanieblas para la condensación de la humedad atmosférica y canalización del recurso hídrico para irrigar una planta, con el fin de facilitar su establecimiento.

Especies	Ejemplares
<i>Acacia farnesiana</i>	4
<i>Agave albicans</i>	5
<i>Agave americana</i>	1
<i>Agave atrovirens</i>	10
<i>Agave attenuata</i>	2
<i>Agave filifera</i>	1
<i>Agave lechuguilla</i>	4
<i>Agave potatorum</i>	10
<i>Cephalocereus senilis</i>	4
<i>Cereus peruvianus</i>	15
<i>Echeveria elegans</i>	3
<i>Echeveria gibbiflora</i>	2
<i>Echinocactus grusonii</i>	10
<i>Echinopsis</i> sp.	1
<i>Euphorbia poligonami</i>	1
<i>Euphorbia</i> sp.	3
<i>Euphorbia trigona</i>	12
<i>Gymnocalycium</i> sp.	1
<i>Mammillaria bocasana</i>	4
<i>Mammillaria compressa</i>	3
<i>Mammillaria polythele</i>	5
<i>Mammillaria voburnensis</i>	4
<i>Myrtillocactus geometrizans</i>	2
<i>Nyctocereus</i> sp.	1
<i>Pachycereus marginatus</i>	4
<i>Portulacaria afra</i>	15
<i>Prosopis laevigata</i>	4
<i>Stenocereus</i> sp.	3
<i>Yucca filifera</i>	10

Cuadro 1. Lista de especies incluidas en el jardín xerófito de Campus I.

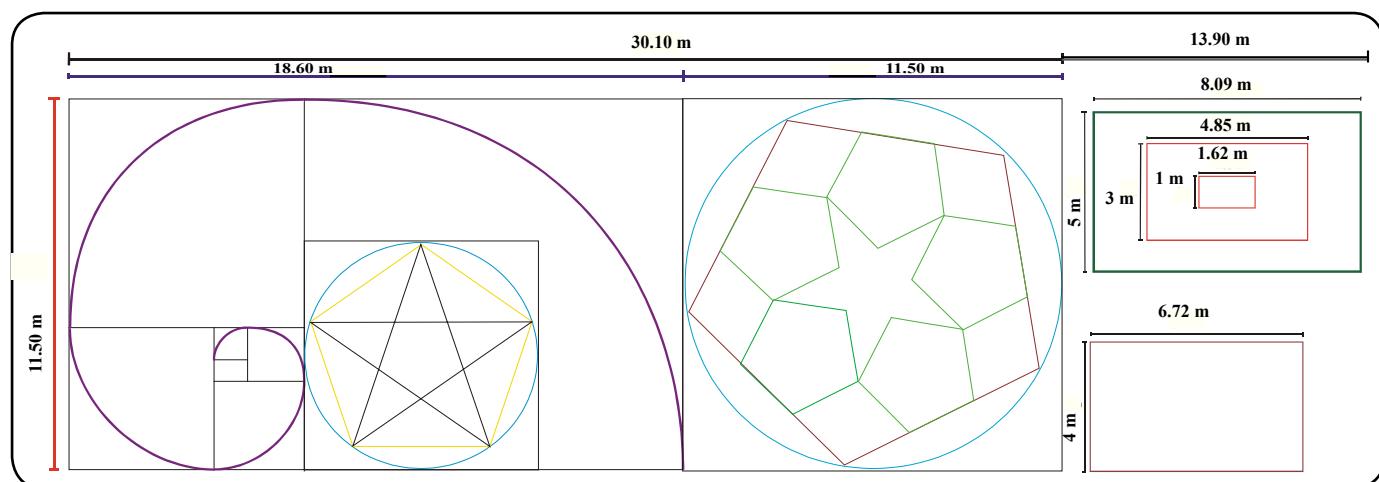


Figura 1. Diseño geométrico del jardín xerófito de Campus I de la FES Zaragoza; las curvas fueron remarcadas con plantas y señalizaciones.



Foto 3. Espiral logarítmica formada por rectángulos áureos crecientes en proporción al número de oro (1.618....).



Foto 4. Estrella de Vitrubius.

## RESULTADOS

El jardín xerófito establecido es de cero riego, debido a que la pluviometría en el Oriente de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México es de 625 mm y la temperatura media anual es de 15.9 °C ([www.climate-data.org/](http://www.climate-data.org/)), lo que es suficiente para almacenar agua en los tejidos crasos de plantas de ambientes semiáridos en la época de lluvias y administrarla en el periodo de secas (normalmente de noviembre a mayo). Sin embargo, todo jardín requiere mantenimiento para deshierbar las malezas, abonar el suelo en algunos sitios, desparasitar individuos o proteger a plantas juveniles de la insolación directa<sup>16</sup>. El diseño básico de los jardines xerófitos considera que los vegetales sólo obtengan recursos hídricos a partir de la lluvia, que almacenen el agua en sus tejidos y que con esta reserva hídrica puedan pasar la época desfavorable. En el periodo seco, las plantas

crasas condensan la neblina que se presenta frecuentemente en invierno, ya que la Ciudad de México está situada a 2,240 m sobre el nivel del mar y por la altitud se presentan condiciones favorables a la formación de neblina en invierno: bajas temperaturas y alta humedad.

Así, cactáceas, agaváceas, crasuláceas y liliáceas tienen alta funcionalidad en ambientes sujetos a sequías temporales. Por ello, son piezas clave en la configuración de jardines xerófitos. Con la precipitación pluvial de distintos ambientes urbanos (entre 200 y 650 mm anuales), hay humedad suficiente para el desarrollo de un jardín xerófito, sólo se debe planificar la naturaleza del sustrato, que debe ser arenoso o a base de tezontle en la capa superficial, para facilitar el drenaje de agua; asimismo, es importante conformar microclimas con plantas adultas o “nodrizas”, que protejan de la radiación solar directa a otras plántulas de cactáceas o de crasuláceas, que no soportan la irradiación solar directa todo el día.

## DISCUSIÓN

El jardín xerófito establecido en FES Zaragoza tiene como finalidad, aparte de ser un área verde, el realizar actividades de divulgación científica basadas en conceptos para explicar por ejemplo que la Filotaxia (Filo: hoja y Taxia: ordenación) es la disciplina que estudia la forma y desarrollo de las estructuras vegetales y que las figuras geométricas del diseño de base del jardín xerófito, como la serie de Fibonacci, la proporción áurea y los fractales de distintas formas, se encuentran en la estructura de todas las plantas del Reino Vegetal, por lo que el conocimiento de esta geometría permite explicar forma y función de individuos, poblaciones y comunidades vegetales. Así, puede ser más práctico para un divulgador mostrar, por ejemplo, el crecimiento modular de las plantas o el óptimo aprovechamiento de la luz solar, al minimizarse el traslape de hojas en el follaje. También, el atrapanieblas instalado en el jardín es una muestra de un mecanismo de cosecha de agua de la atmósfera, para complementar el suministro hídrico a un cactus y favorecer su establecimiento. Las figuras geométricas del diseño original al jardín xerófito inicialmente se delinearon mediante estacas de madera de 10 cm de alto pintadas de blanco, sin embargo con el paso del tiempo se han erosionado, por lo que este diseño requiere de estructuras más sólidas que soporten la intemperie, como curvas delimitadas con guarniciones de cemento.

Respecto a las actividades de divulgación científica, se requiere instalar póneles y cédulas informativos, con los conceptos base a difundir y letreros con una ficha técnica de las especies que conforman el jardín (nombre común y científico, área de distribución, usos, nivel de endemismo y un dibujo botánico de la planta). Esto evitaría el tener un guía que explique personalmente las figuras geométricas, la función y nomenclatura de las plantas crasas y el papel del atrapanieblas.

## CONCLUSIONES

Es factible construir jardines de cero riego en centros urbanos de la zona inter-tropical (entre el Trópico de Cáncer y el de Capricornio), donde el agua potable es escasa y no es deseable destinarla al riego de plantas. Se puede aprovechar la forma de vida de los cactus y las plantas crasas para formar diseños a nivel de la superficie del jardín, que puedan ser utilizadas como medio de divulgación científica y de educación ambiental. Estos jardines pueden ser decorativos en parques públicos o algunos camellones de avenidas. Asimismo, pueden ser jardines privados o azoteas verdes. México tiene un gran potencial en el desarrollo de este tipo de jardines debido a la riqueza de su flora de ambientes áridos y semiáridos.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo del Dr. Víctor Manuel Mendoza Núñez por el financiamiento parcial para establecer el jardín xerófito, así como el invaluable apoyo para su construcción de la Dra. Rosalva García Sánchez, de la Biól. Yolanda Flores Estrada, de la Diseñadora Aidé Contreras Bravo, de Ricardo Rivera Reyes y de numerosos estudiantes de la licenciatura en Biología de la FES Zaragoza y de la Universidad Simón Bolívar. La Biól. Brenda Liliana Contreras realizó su servicio social trabajando en el establecimiento y mantenimiento del jardín xerófito. También se agradecen las observaciones hechas al documento original por los revisores anónimos.

## REFERENCIAS

1. Grainger, A. Characterization and assessment of desertification processes. In: Desertified grasslands: their Biology and Management. (Ed. Chaman, G.P.) 17-34 (Academic Press, Londres, Gran Bretaña, 1992).
2. Brecherer, F. Cactus: así serán más hermosos (Ed. Everest, León, España, 1996).
3. Chapman, P. & Martín, M. Guía ilustrada de los cactus y las plantas suculentas (Ediciones Montnegre, Barcelona, España, 1987).
4. Cornet, A. Las cactáceas de la Reserva de la Biosfera de Mapimí (Instituto de Ecología y ORSTOM, México, D.F., 1985).
5. Ríha, J. & Subík, R. Enciclopedia de los Cactus: cactus y otras plantas suculentas (Ediciones Sunsaeta, Madrid, España, 1991).
6. Meyrán García, J. & López Chávez, L. Las crasuláceas de México (Sociedad Mexicana de Cactología, A.C., México, D.F., 2003).
7. Valles Septién, C. (ed.) Suculentas mexicanas: Cactáceas (CVS Publicaciones, CONABIO, SEMARNAP, UNAM y UAM-Iztapalapa, México, D.F., 1997).
8. Granados Sánchez, D. Los agaves en México (Universidad Autónoma Chapingo, México, D.F., 1993).
9. Nobel, P.S. Los incomparables agaves y cactus (Ed. Trillas, México, D.F., 1998).
10. Nobel, P.S. Biophysical plant physiology and ecology (W. H. Freeman and Company, Nueva York, E.E. U.U., 1983).
11. Stock, Ch. Rock garden plants (Dorling Kindersley Publishing Book, Londres, Gran Bretaña, 1997).
12. Hillier, M. Container Gardening Through the Year (Dorling Kindersley Publishing Book, Londres, Gran Bretaña, 1995).
13. Palomino Torres, A. (ed.) Manual de Agricultura Alternativa (Fundación Hogares Juveniles Campesinos y Ed. IBALP, Bogotá, Colombia, 2008).
14. Quiroga Capovilla, H. (ed.) Diseño de Parques y Jardines. Arquitectura Ambiental. Serie: Nuevas Bibliotecas de la Construcción. 4 tomos (Ediciones Daly S.L., Málaga, España, 2002).
15. Honey, A., Pliego de Salinas, E. & Wright R.B. (eds.) La jardinería en el Distrito Federal y alrededores (Club de Jardín de la Ciudad de México, A.C., México, D.F., 1991).
16. Nessmann, J.D. Guía para el cuidado de las plantas crasas y cactus (Ediciones Sunsaeta. Madrid, España, 1994).